

## III. Fáze – Kategorie dopadu

- problém v ŽP, který je **způsobován lidskou činností** a ke kterému lze přiřadit výsledky z inventarizace
- hlavní důvod LCIA je **ochrana kvality ŽP pro další gen.**
- výběr kategorií dopadu předurčuje **komplexnost studie**
- LCA neupřednostňuje žádnou kat. dop., ale nabízí nástroje, jak **vyčíslit zásahy** do jednotlivých kategorií a jak **porovnat jejich závažnost**
  
- jaké znáte kategorie dopadu???



## Nejčastěji používané kat. dop. v LCA

| Kategorie dopadu  | Midpointové kategorie dopadu   | Endpointové kategorie dopadu   |
|---|--|--|
| <b>Základní kategorie dopadu většiny metodik LCIA</b>                   | <p>Úbytek neobnovitelných (abiotických) zdrojů</p> <p>Globální oteplování</p> <p>Úbytek stratosférického ozónu</p> <p>Humánní toxicita</p> <p>Ekotoxicita (sladkovodní, mořská, terestrická)</p> <p>Vznik fotooxidantů</p> <p>Acidifikace</p> <p>Eutrofizace</p> | <p>Úbytek dostupnosti surovin na trhu</p> <p>Klimatické změny</p> <p>Lidské zdraví</p> <p>Kvalita ekosystémů</p>                                 |
| <b>Specifické kategorie dopadu některých metodik LCIA</b>               | <p>Využívání krajiny – zabor a přeměna krajiny</p> <p>Ekotoxicita (sladkovodní a mořské sedimenty)</p> <p>Ionizační záření</p> <p>Využívání krajiny (pokles množství využitelné krajiny)</p>   | <p>Využívání krajiny – produkční schopnost ekosystémů</p> <p>Finanční hodnota</p> <p>Ekofaktor</p> <p>Biodiverzita</p> <p>Ztráty na životech</p> |
| <b>Další kategorie dopadu, jež dosud nebývají součástí metodik LCIA</b> | <p>Úbytek obnovitelných (biotických) zdrojů</p> <p>Odpadní teplo</p> <p>Hluk</p> <p>Zápach (zapáchající plyny)</p> <p>Dezertifikace (vznik pouští)</p> <p>Zápach (zapáchající kapaliny)</p>  |  |

# Dělení kategorií dopadu

**surovinové** (spotřeba zdrojů)

**x**

**intervenční** (emise do ŽP)



# Dělení kategorií dopadu

**surovinové** (spotřeba zdrojů)

**x**

**intervenční** (emise do ŽP)

**globální** - látky působící dlouhodobě, rel. persistentní, mobilní –**př?**

**x**

**regionální** - působení v regionu (100-1000 km), kde znečišťováno – **př?**

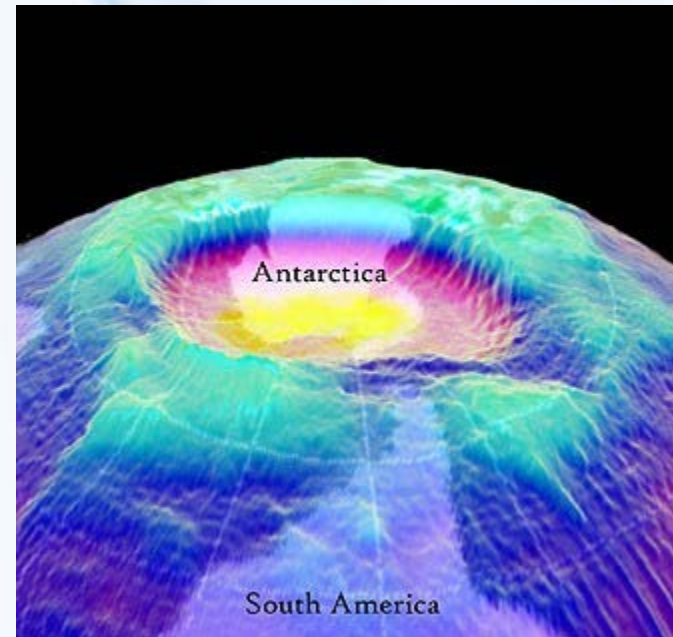
**x**

**lokální** – dopady způsobení konkrétním zdrojem (jednotky km) – **př?**



# Časový rozsah env. dopadů

- různé dopady působí v různých časových horizontech





# Časový rozsah env. dopadů

| Kategorie dopadu                | Časový rozsah   |
|---------------------------------|---|
| Globální oteplování             | Po dobu přítomnosti plynu v atmosféře; od okamžitého účinku po staletí  |
| Úbytek stratosférického ozónu   | Po dobu přítomnosti plynu v atmosféře; mezi 2–5 lety až po staletí  |
| Vznik fotooxidantů              | Závisí na reaktivitě plynů; hodiny až týdny   |
| Acidifikace                     | Dny až roky   |
| Eutrofizace vod a půd           | Dny až roky   |
| Persistentní toxicita           | Měsíce u nejjedovatějších látek a nejcitlivějších organismů a desetiletí pro nejstálejší látky  |
| Toxicita a ekotoxicita          | Od hodin v případě akutní toxicity jedovatých látek a bodových zdrojů znečištění až po desetiletí u stabilních látek s dlouhodobou emisí do prostředí |
| Odpady                          | Od týdnů u vzdušných emisí ze skládek až po staletí u stabilních materiálů a průsaků do podzemních vod  |
| Čerpání neobnovitelných surovin | U nevratného využívání fosilních surovin – milióny let  |
| Čerpání obnovitelných surovin   | Závisí na rychlosti obnovy zdroje   |



# I. Globální oteplování a klimatické změny

## Globální oteplování x klimatické změny ?

### Introduction

How does Earth stay warm and comfortable in the coldness of space? Temperatures on Earth are livable because of a natural process we call the greenhouse effect.

It Starts With the Sun ▶

INTRO

IT STARTS WITH THE SUN

GREENHOUSE EFFECT

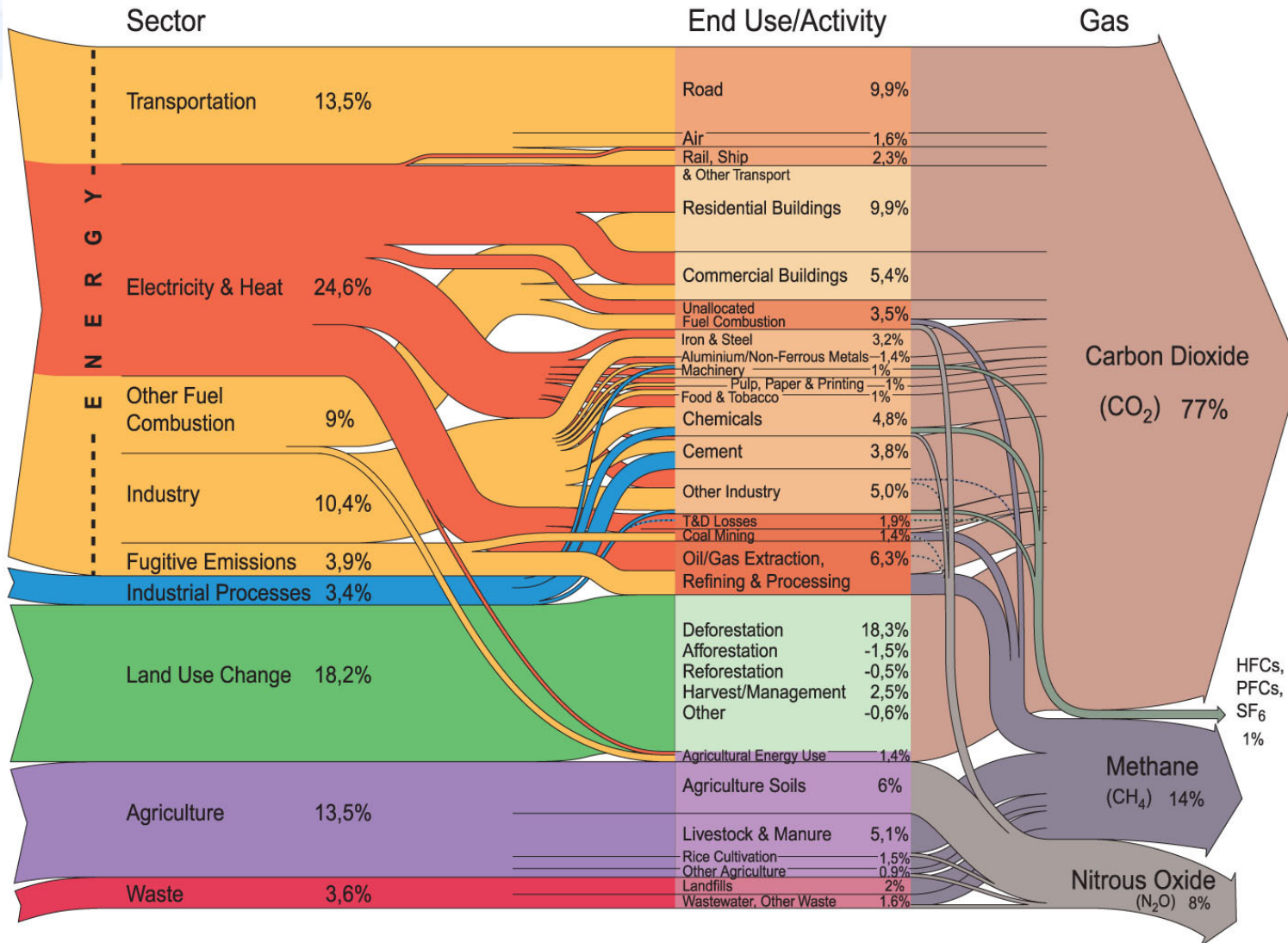
GREENHOUSE GASES

EXPLORE MORE



# Emise skleníkových plynů

## World Greenhouse gas emissions by sector



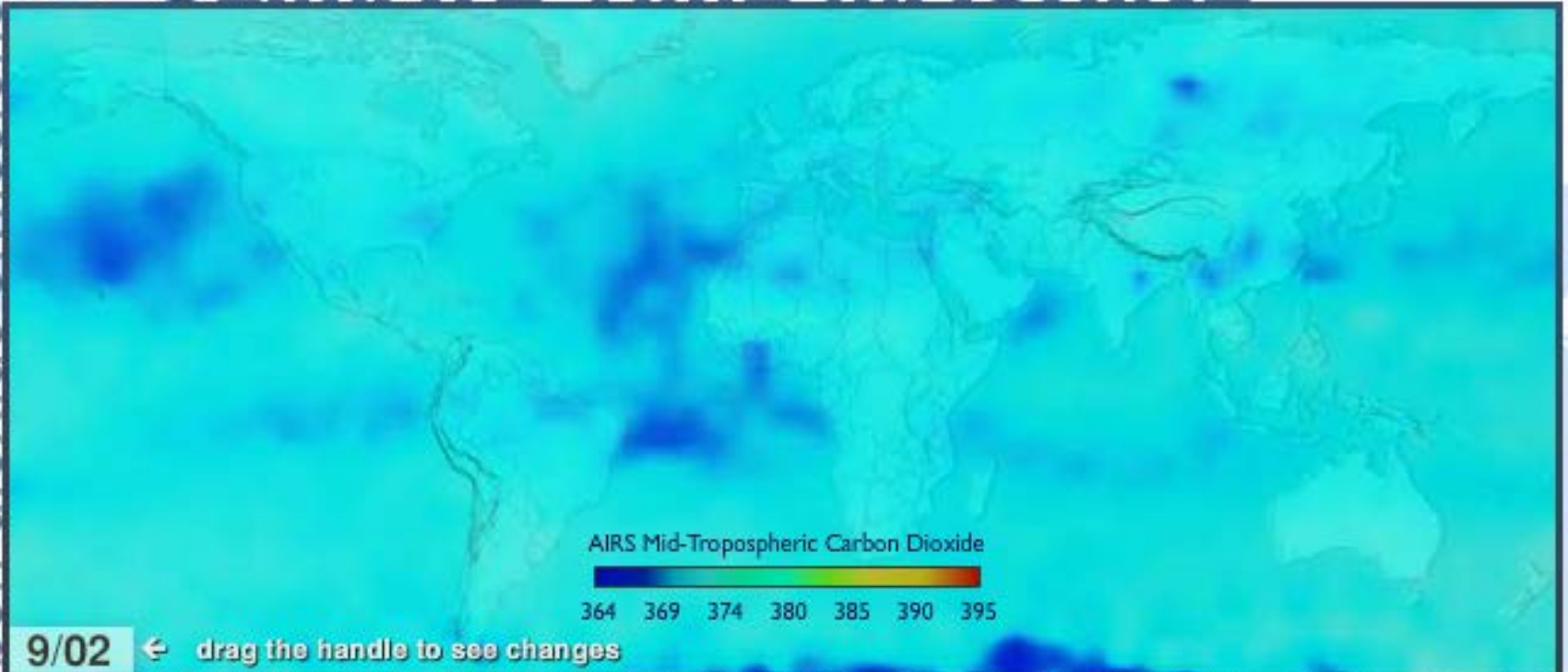




Jet Propulsion Laboratory | California Institute of Technology

# CLIMATE TIME MACHINE

carbon dioxide emissions



AIRS Mid-Tropospheric Carbon Dioxide

364 369 374 380 385 390 395

9/02 ← drag the handle to see changes

2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010

This time series shows global changes in the concentration and distribution of carbon dioxide from 2002-2009 at an altitude range of 1.9 to 8 miles. The yellow-to-red regions indicate higher concentrations of CO<sub>2</sub>, while blue-to-green areas indicate lower concentrations, measured in parts per million.



# Indikátory GW a změn klimatu

## GLOBAL CLIMATE CHANGE

Vital Signs of the Planet

Home

Key Indicators

Evidence

Causes

Effects

Uncertainties

NASA's Role

Missions

Key Websites

INTERACTIVES

IMAGES AND VIDEO

CLIMATE KIDS

FOR EDUCATORS

ENERGY INNOVATIONS

### KEY INDICATORS

CARBON DIOXIDE CONCENTRATION | GLOBAL SURFACE TEMPERATURE | ARCTIC SEA ICE | LAND ICE | SEA LEVEL

## Carbon Dioxide Concentration

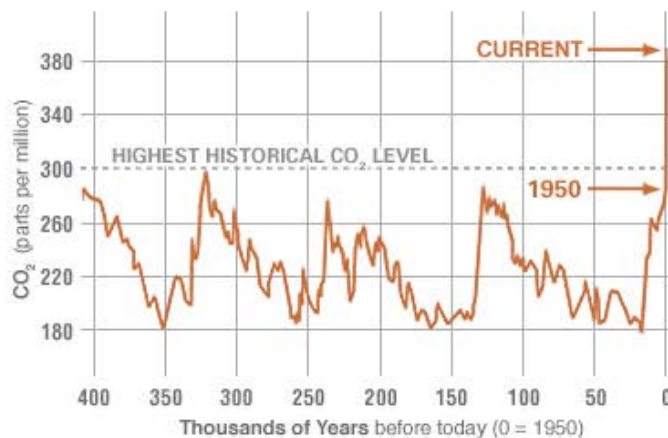
[download data](#)

Data updated 01.11.12

### PROXY (INDIRECT) MEASUREMENTS

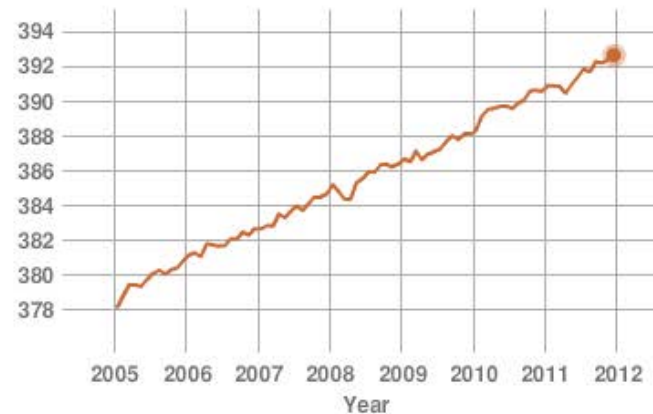
Data source: Reconstruction from ice cores.

Credit: [NOAA](#)



### DIRECT MEASUREMENTS: 2005-PRESENT

Data source: Monthly measurements (corrected for average seasonal cycle). Credit: [NOAA](#)



Centrum pro výzkum  
toxických látek  
v prostředí



# Důsledky globální změny klimatu

## Likely Scenarios if Climate Change Continues

SELECT CLIMATE IMPACTS



### Ledy tají, loď testují severní cestu z Asie do Evropy

10. září 2009 10:05

Projet s nákladem euroasijský kontinent přes Severní ledový oceán se zdá být dobrý nápad. Ušetříte peníze i dny cesty, které by spolkla cesta přes Suezský průplav. Nyní se o to pokouší první západní rejdafství. Proč až nyní, když jsou výhody tak zřejmé? Ona totiž dosud příroda nechtěla příliš spolupracovat.



### Po Severní námořní cestě poprvé cestoval zkapalněný zemní plyn



Mapa Severní námořní cesty.

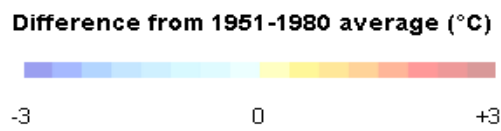
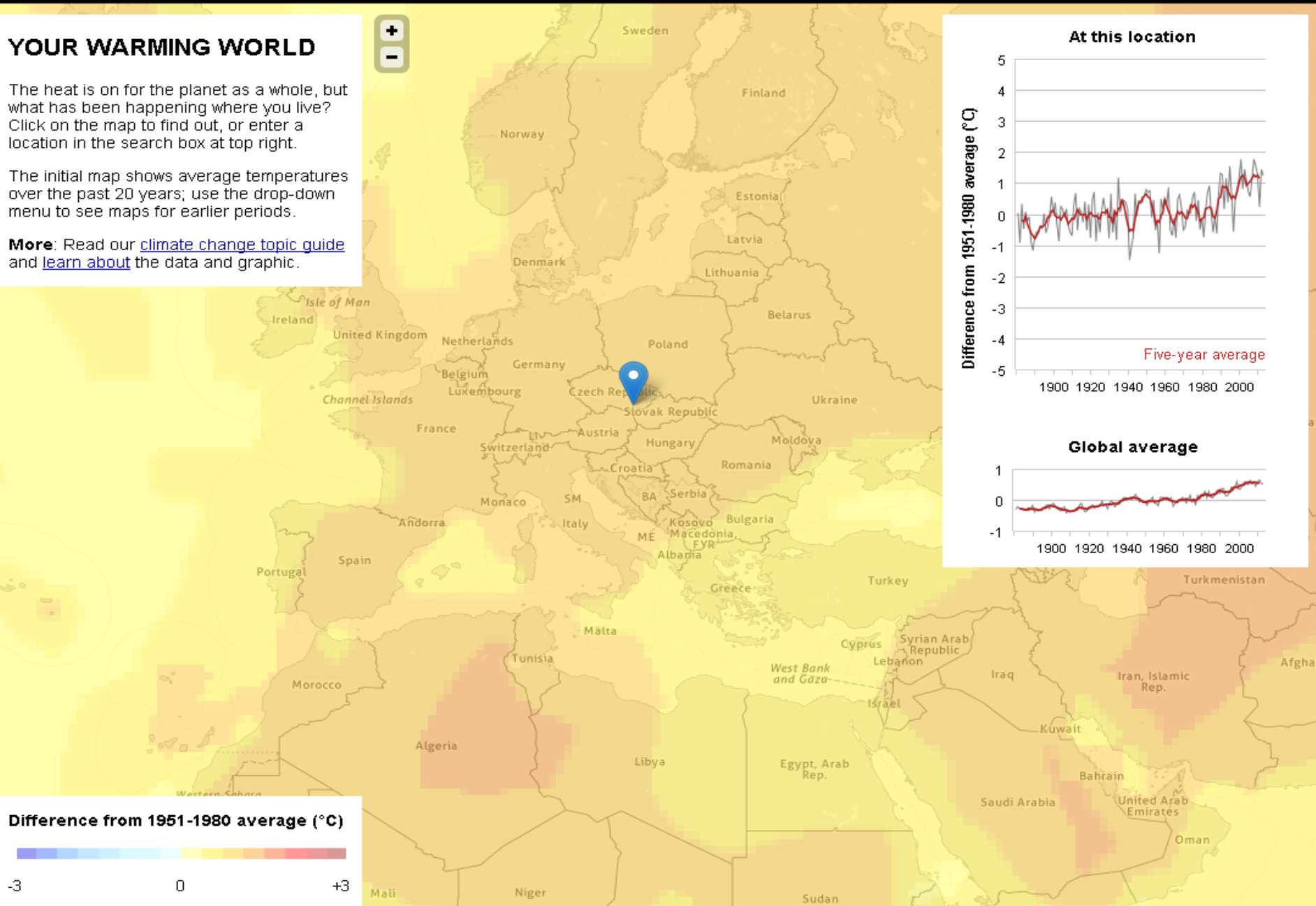
Poprvé v historii námořní plavby v arktických oblastech proplula po Severní námořní trase loď s nákladem zemního plynu. Tanker Ob river, převážející 135 tisíc krychlových metrů zkapalněného plynu, vyplul 7. listopadu z norského Hammerfestu

## YOUR WARMING WORLD

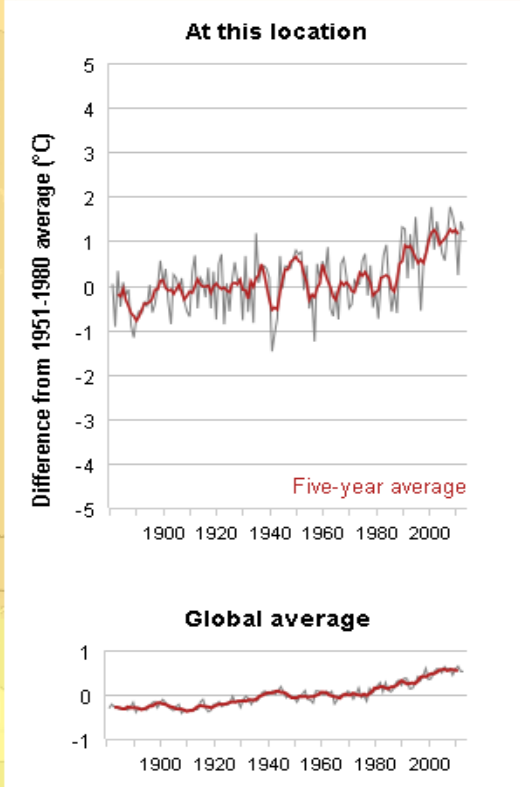
The heat is on for the planet as a whole, but what has been happening where you live? Click on the map to find out, or enter a location in the search box at top right.

The initial map shows average temperatures over the past 20 years; use the drop-down menu to see maps for earlier periods.

**More:** Read our [climate change topic guide](#) and [learn about](#) the data and graphic.

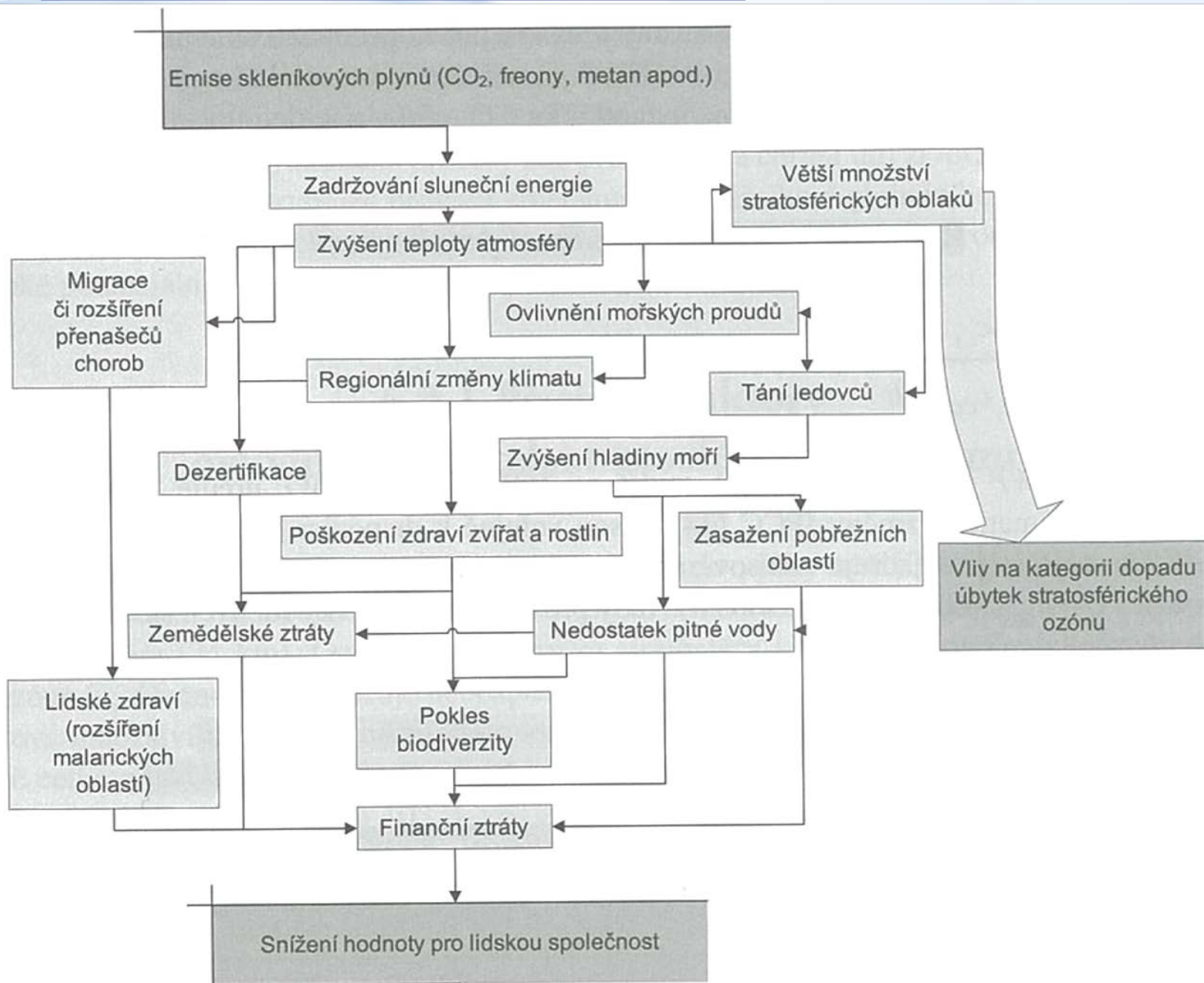


Source: NASA Goddard Institute for Space Studies Surface Temperature Analysis





# Část dopadového řetězce emise GHG



# Indikátory globálního oteplování

**Midpointový indikátor** – radiační účinnost ( $W/m^2$ )

- množství  $E$  absorbovaného IR vztažené / plochu země / sek.
- bilance mezi dopadem zář. na zem a vyzář. zpět do vesm.
- radiační účinnost je popisována **potenc. glob. otepl. GWP**

| Plyn                      | $GWP_{20}$<br>kg CO <sub>2</sub> -eq/kg | $GWP_{100}$<br>kg CO <sub>2</sub> -eq/kg | $GWP_{500}$<br>kg CO <sub>2</sub> -eq/kg |
|---------------------------|---|--|--|
| CO <sub>2</sub>           | 1                                       | 1  | 1  |
| CH <sub>4</sub>           | 62                                      | 23                                       | 7  |
| N <sub>2</sub> O          | 275                                     | 296                                      | 156                                      |
| CHF <sub>3</sub> (HFC-23) | 9400                                    | 12000                                    | 10000                                    |
| SF <sub>6</sub>           | 15100                                   | 22200                                    | 32400                                    |



# Indikátory globálního oteplování

**Midpointový indikátor** – radiační účinnost ( $W/m^2$ )

- množství  $E$  absorbovaného IR vztažené / plochu země / sek.
- bilance mezi dopadem zář. na zem a vyzář. zpět do vesm.
- radiační účinnost je popisována **potenc. glob. otepl. GWP**

**Endpointový indikátor** klimatických změn – př. zvyšování hladiny moří, mizení druhů, dopady na lidské zdraví...

| Plyn                      | $GWP_{20}$<br>kg CO <sub>2</sub> -eq/kg | $GWP_{100}$<br>kg CO <sub>2</sub> -eq/kg | $GWP_{500}$<br>kg CO <sub>2</sub> -eq/kg |
|---------------------------|---|--|--|
| CO <sub>2</sub>           | 1                                       | 1  | 1  |
| CH <sub>4</sub>           | 62                                      | 23                                       | 7  |
| N <sub>2</sub> O          | 275                                     | 296                                      | 156                                      |
| CHF <sub>3</sub> (HFC-23) | 9400                                    | 12000                                    | 10000                                    |
| SF <sub>6</sub>           | 15100                                   | 22200                                    | 32400                                    |



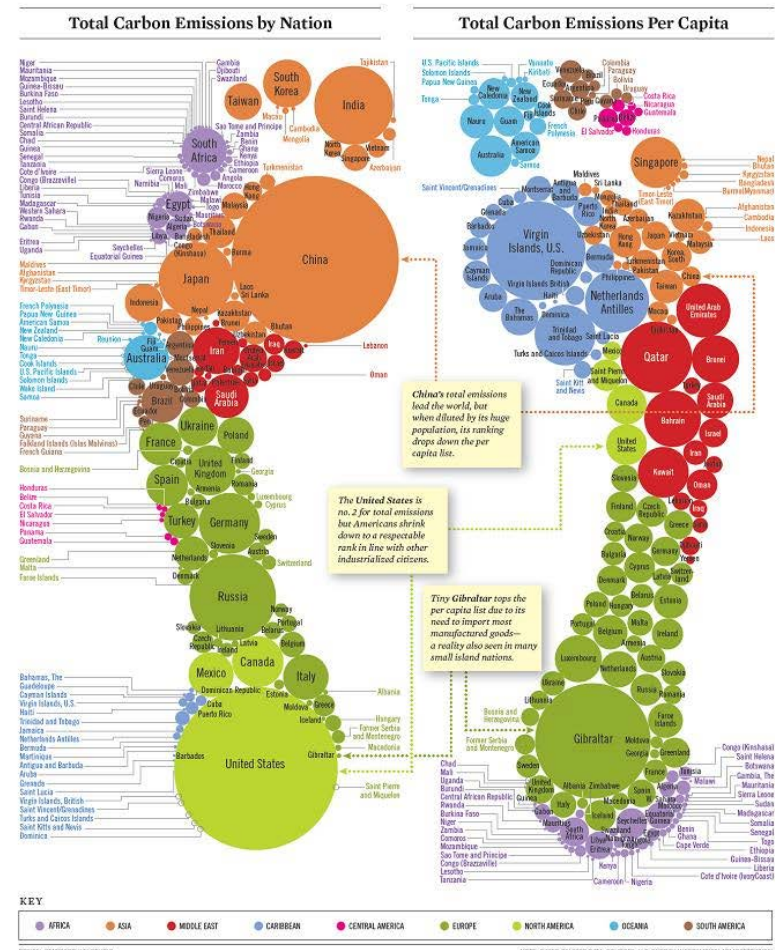


# Uhlíková stopa (carbon footprint)

- celkové množství GHG vyprodukovaných během ŽC prod.
- vyjadřuje se jako **CO<sub>2</sub> ekv.**
- zjednodušená LCA zaměřená jen na midpointovou kategorii dopadu globální oteplování
- metodou LCIA pro uhlík. st. je **GHG protocol**

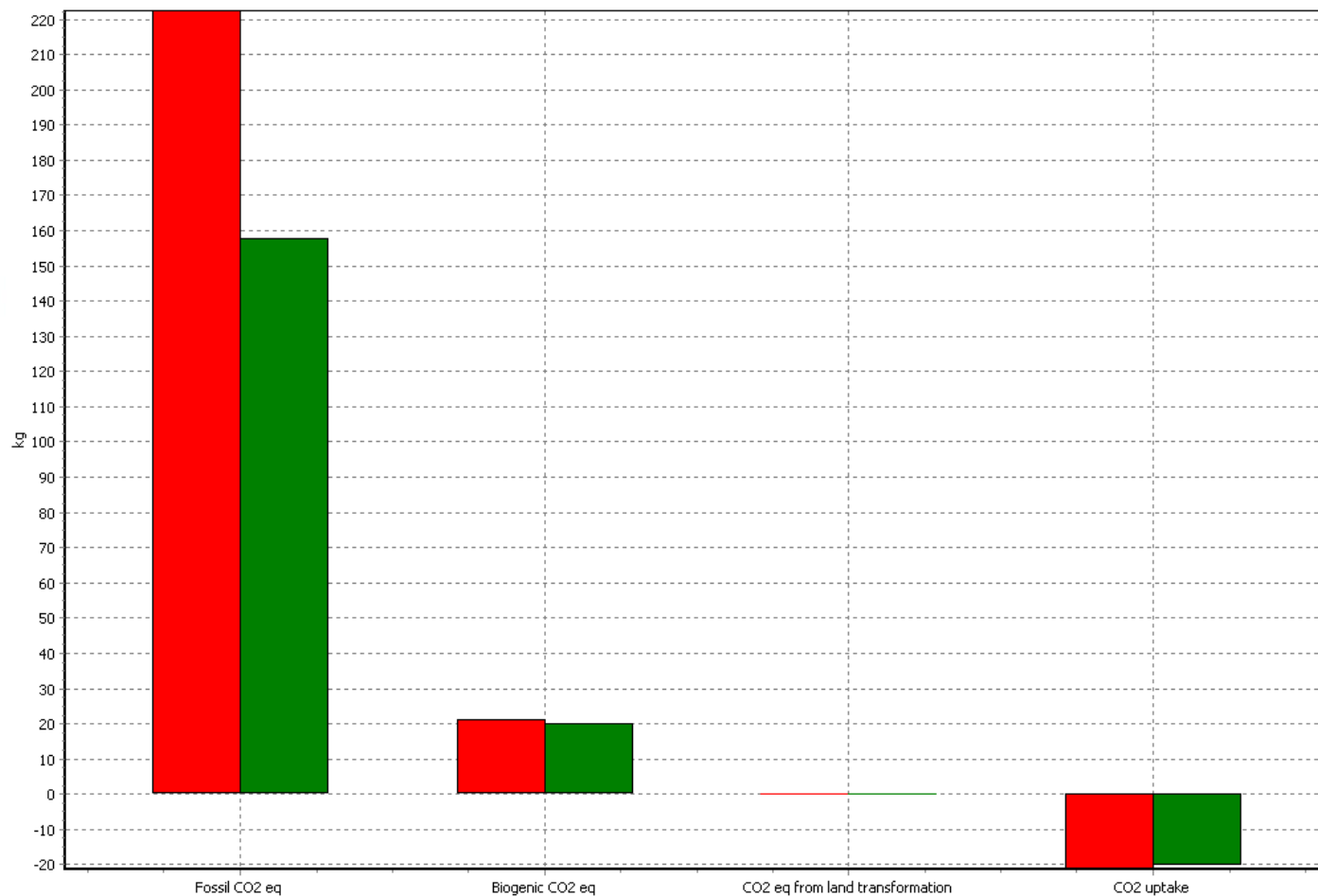
## Tracking Carbon Emissions

A footprint comparison of total carbon dioxide emissions by nation and per capita shows there's plenty of room for smaller countries to reduce their carbon footprints.  
By Stanford Kay





# Uhlíková stopa – LCA dvou kávovarů



■ Life cycle model Sima (plastic) ■ Life cycle Pro, no takeback

Comparing 1 p 'Life cycle model Sima (plastic)' with 1 p 'Life cycle Pro, no takeback';  
Method: Greenhouse Gas Protocol V1.01 / CO2 eq (kg) / Weighting



## II. Úbytek stratosférického O<sub>3</sub> (OD - Oz. depl.)

### The ozone Hole



# Historie objevů spojených s úbytkem O<sub>3</sub>

- 1928 – objev chloro-fluoro-uhlíkatých látek (CFC)
- chemicky stálé, netoxické, nehořlavé, nekorozivní
- výborné izolanty (nízká teplotní vodivost), teplota varu CFC11 je 23,7 °C = výborné chladivo do klimatizací a ledniček
- výborná rozpouštědla pro čištění kovů
- velmi levná výroba a snadná likvidace – odpařit je do ATM

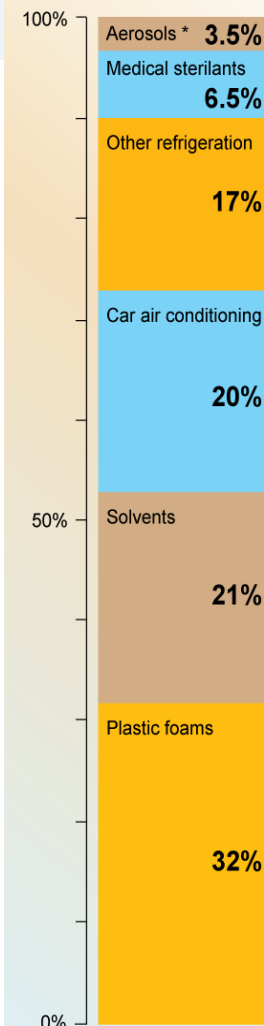
## Spotřeba CFC v USA (1985)

- 130 mil. lednic+mraž.
- 45 mil klimatizací
- 90 mil automobilů

Průměrná světová spotř.  
1kg/osobu/rok

Teoreticky nenahraditelné

In percentage  
of all CFC uses



\* Note that CFCs in aerosols were banned in the US in 1978.

Source: US Environmental Protection Agency, 1992 (cited by WRI 1996).

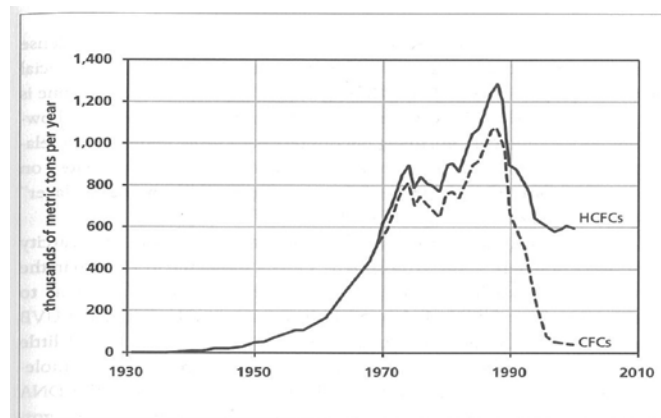
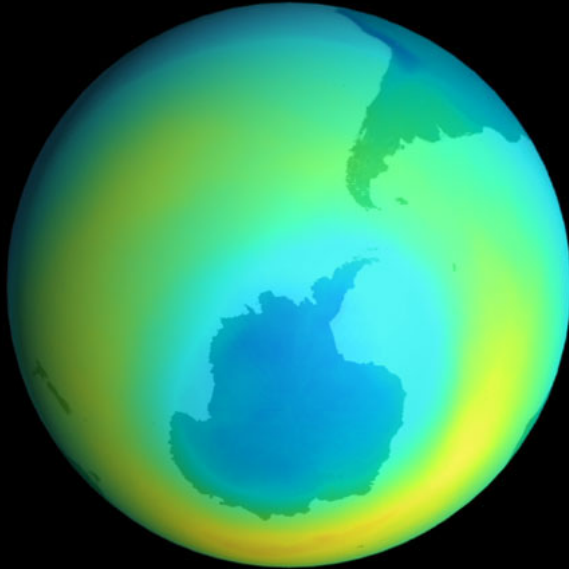
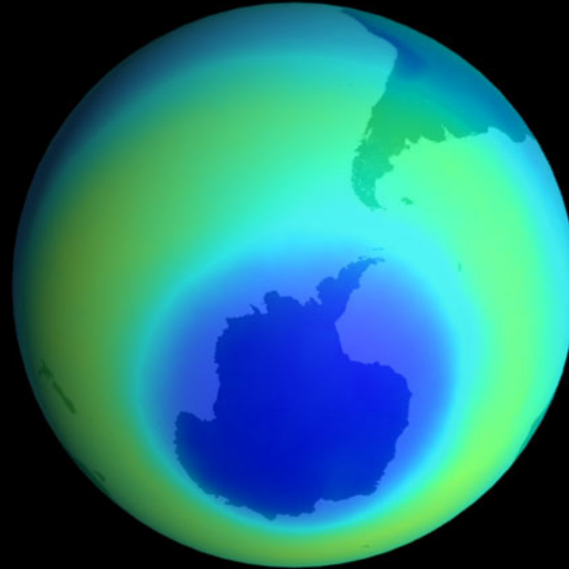


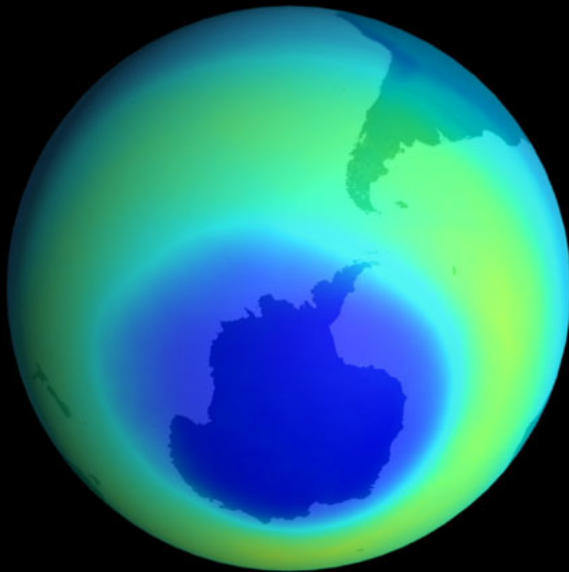
FIGURE 5-1 World Production of Chlorofluorocarbons



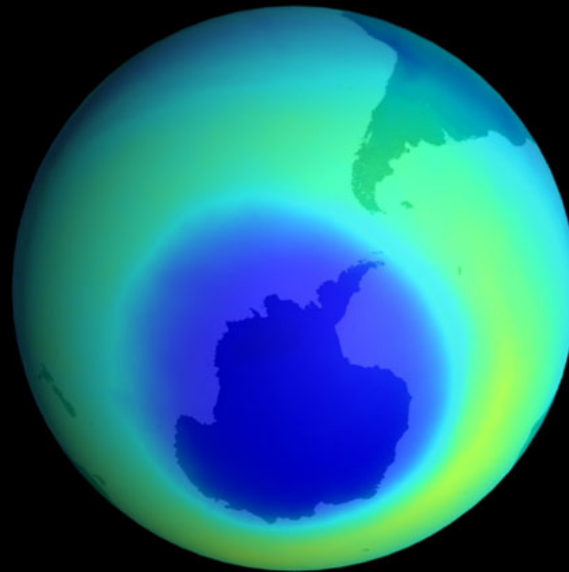
September 1981



September 1987

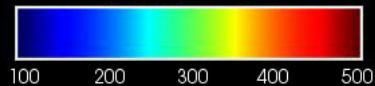


September 1993



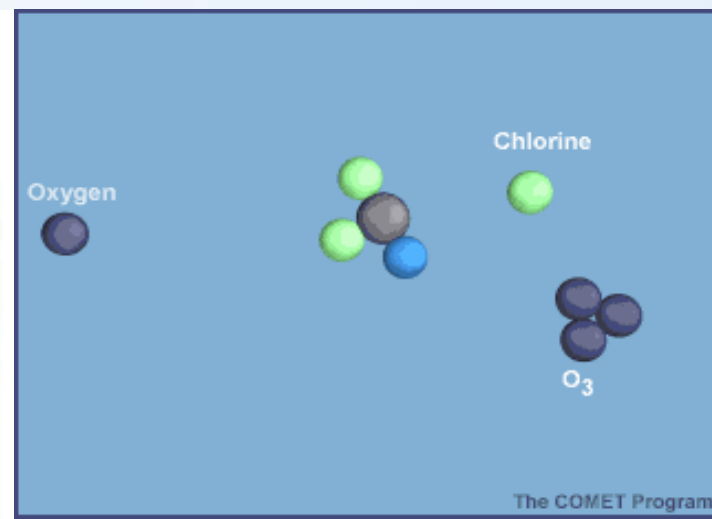
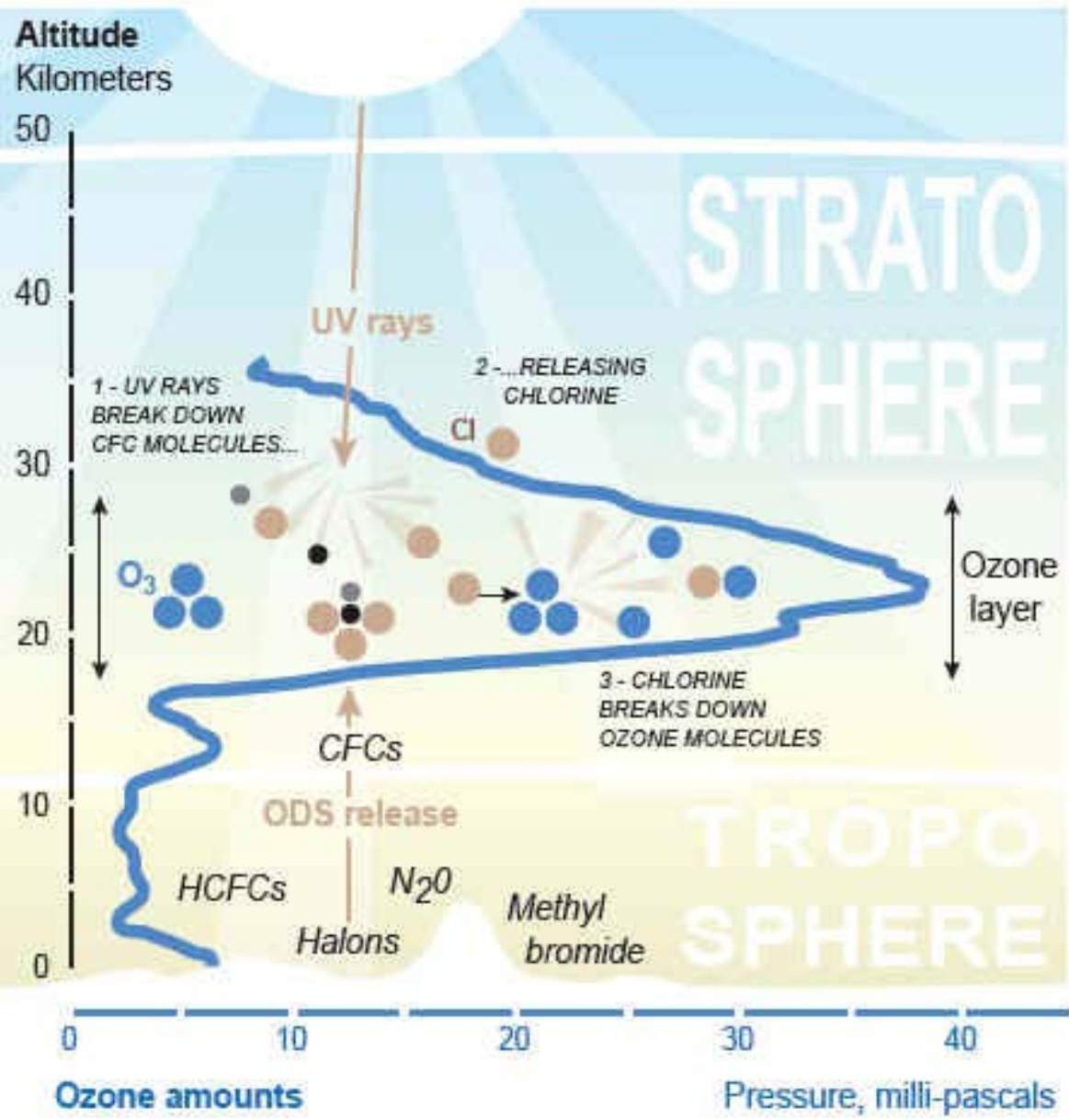
September 1999

Dobson Units

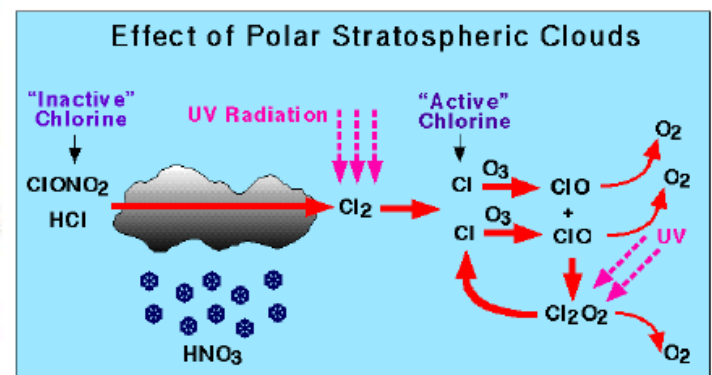
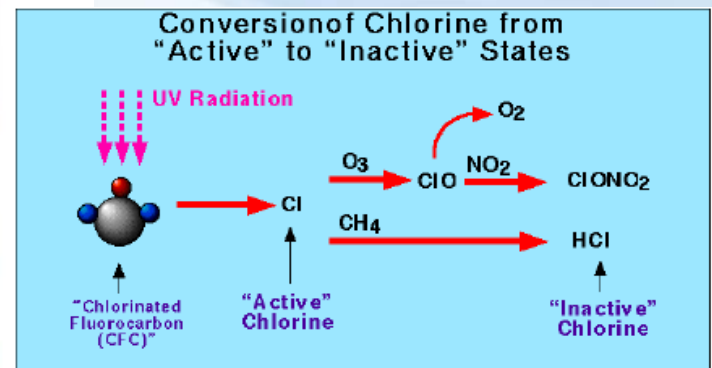


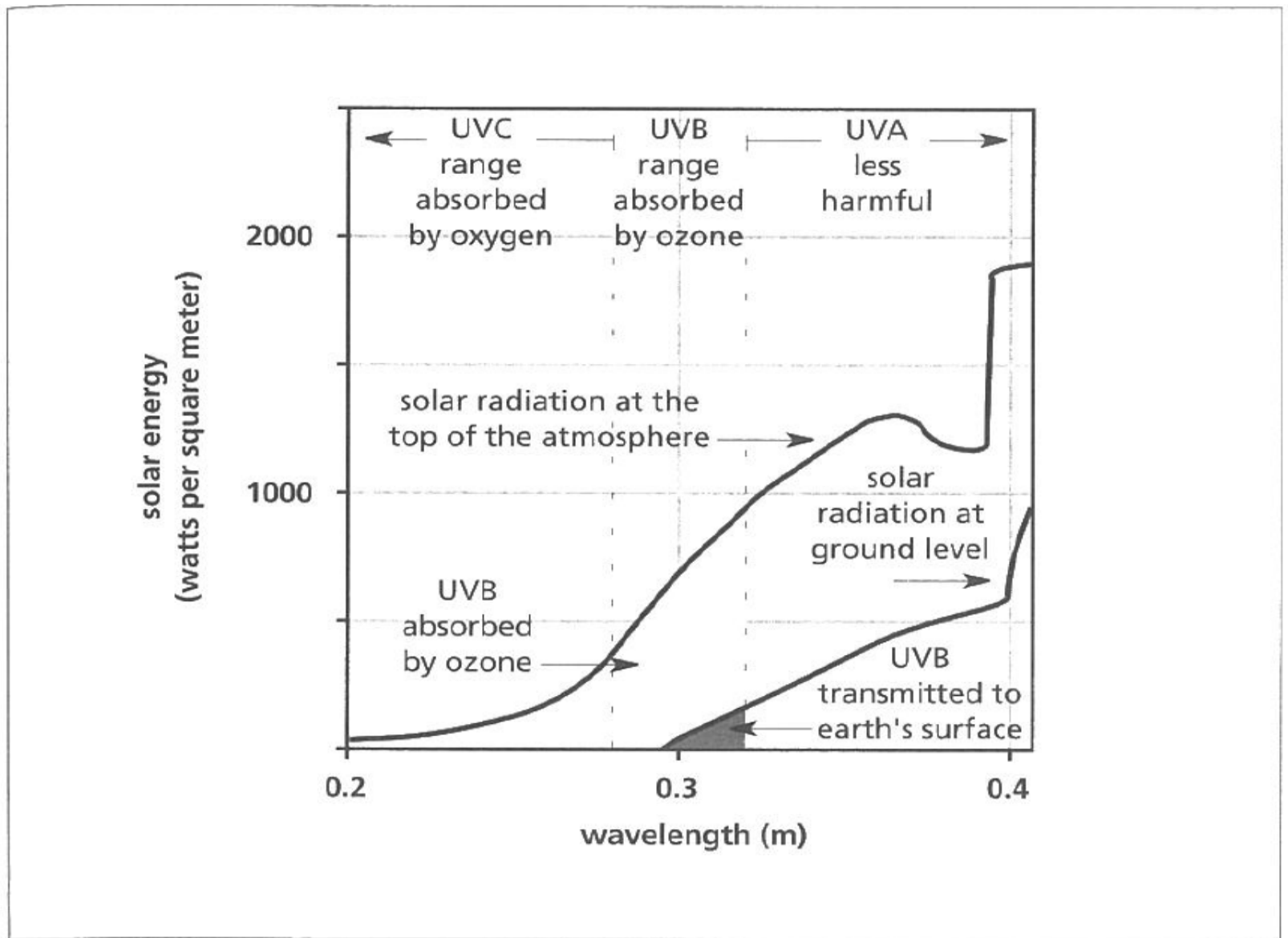


# CHEMICAL OZONE DESTRUCTION PROCESS IN THE STRATOSPHERE



## Proč nad póly?





**FIGURE 5-2 Absorption of Light by the Atmosphere**

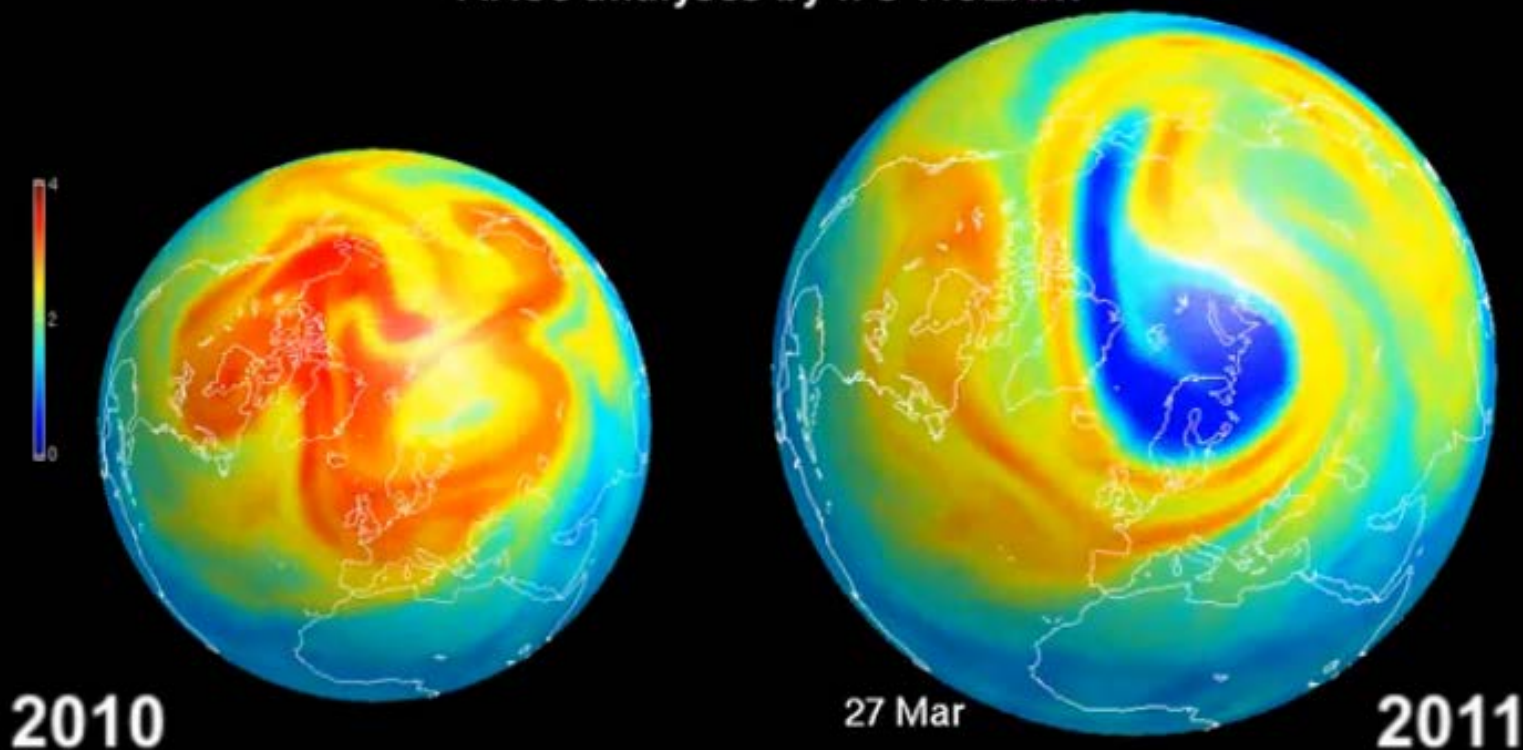
Incoming ultraviolet light from the sun is almost totally absorbed by oxygen and ozone in the atmosphere. Ozone particularly absorbs radiation in the range called UVB, which is dangerous to living things. (Source: UNEP.)



# Úbytek stratosférického O<sub>3</sub> nad Arktidou

## Stratospheric ozone

Mixing ratio (ppmv) at 470K  
MACC analyses by IFS-MOZART



[www.gmes-atmosphere.eu](http://www.gmes-atmosphere.eu)

MACC  
Monitoring atmospheric  
composition & climate

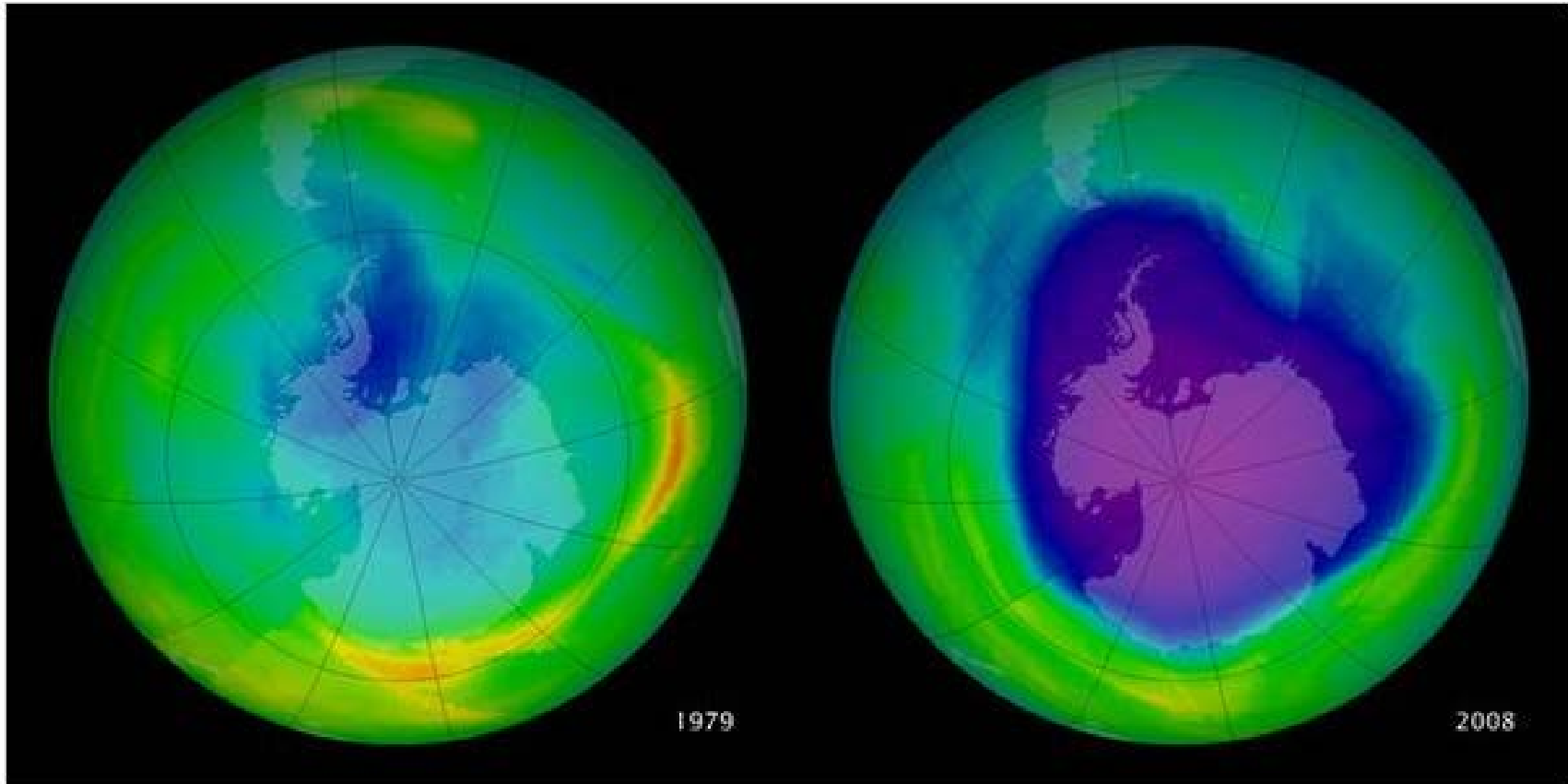
ECMWF

JÜLICH  
FORSCHUNGSCENTRUM

aeronomie.be

0:16

# Save the Ozone Layer, Give Global Warming a Boost?



*Image courtesy NASA Earth Observatory*



Centrum pro výzkum  
toxických látek  
v prostředí

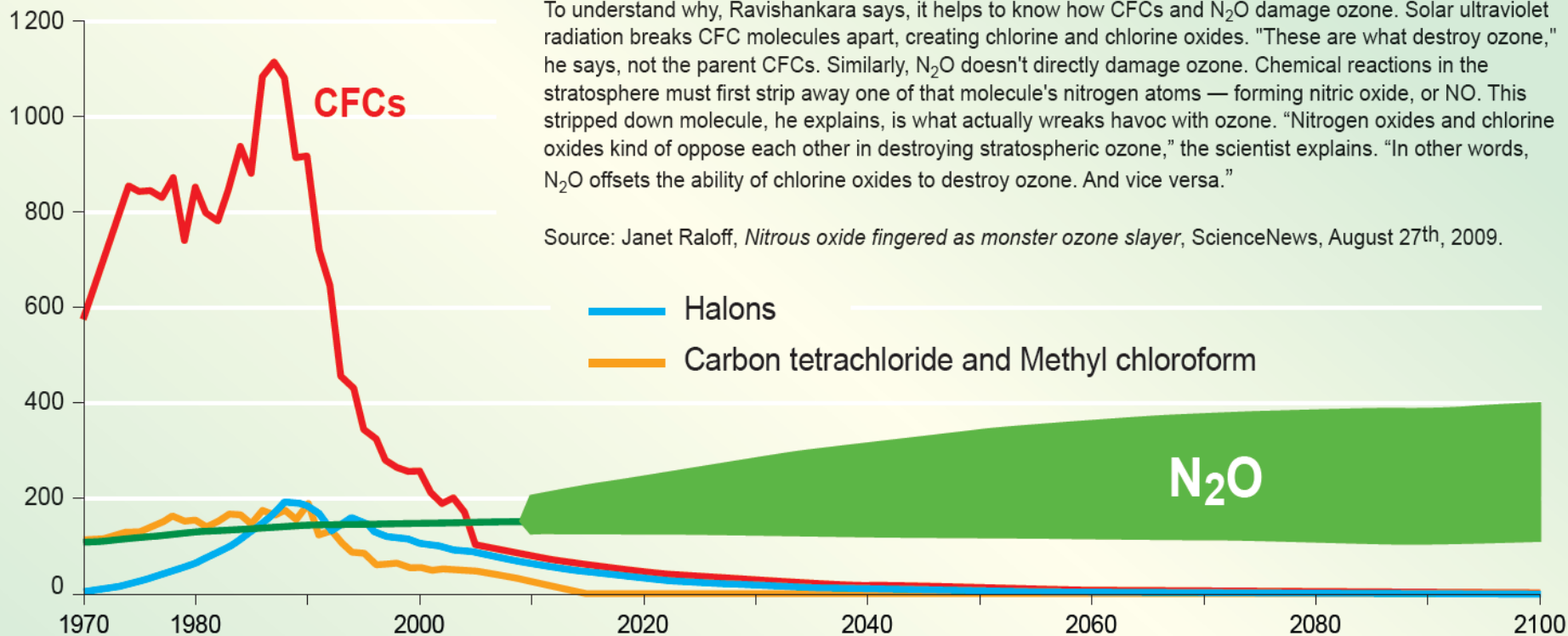


# Aktuální problém – N<sub>2</sub>O

## NITROUS OXIDE: A MAJOR CULPRIT AFTER 2010

### Emissions

Thousand ODP Tonnes



“We have calculated the **ozone-depleting potential of N<sub>2</sub>O to be roughly 50 percent larger** when chlorine levels return to the year-1960 level”

To understand why, Ravishankara says, it helps to know how CFCs and N<sub>2</sub>O damage ozone. Solar ultraviolet radiation breaks CFC molecules apart, creating chlorine and chlorine oxides. “These are what destroy ozone,” he says, not the parent CFCs. Similarly, N<sub>2</sub>O doesn’t directly damage ozone. Chemical reactions in the stratosphere must first strip away one of that molecule’s nitrogen atoms — forming nitric oxide, or NO. This stripped down molecule, he explains, is what actually wreaks havoc with ozone. “Nitrogen oxides and chlorine oxides kind of oppose each other in destroying stratospheric ozone,” the scientist explains. “In other words, N<sub>2</sub>O offsets the ability of chlorine oxides to destroy ozone. And vice versa.”

Source: Janet Raloff, *Nitrous oxide fingered as monster ozone slayer*, ScienceNews, August 27th, 2009.

\* Tonnes multiplied by the ozone depleting potential of the considered gas.

Source: A. R. Ravishankara, John S. Daniel, Robert W. Portmann, *Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O): The Dominant Ozone-Depleting Substance Emitted in the 21st Century*, Science, August 2009.

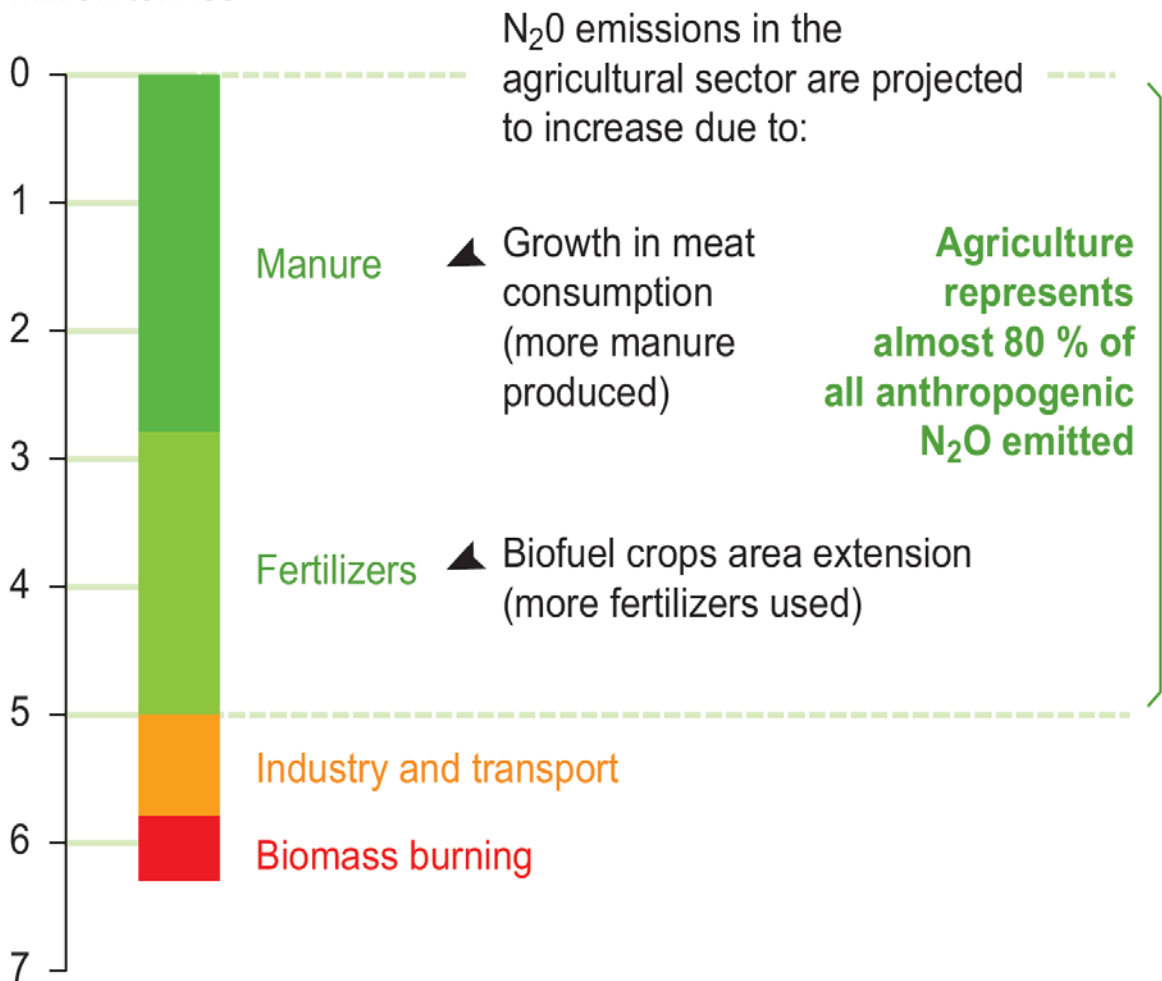


Centrum pro výzkum  
toxických látek  
v prostředí

# Aktuální problém – N<sub>2</sub>O

## Nitrous oxide anthropogenic emissions

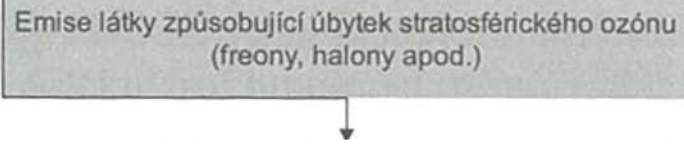
Million tonnes



Source: Eric A. Davidson, *The contribution of manure and fertilizer nitrogen to atmospheric nitrous oxide since 1860*, Nature Geoscience, August 2009.

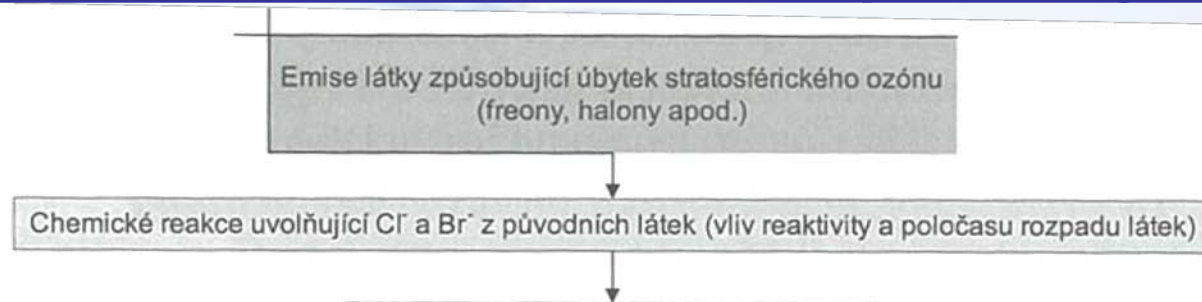
## Část dopadového řetězce látek poškozujících O<sub>3</sub>

Emise látky způsobující úbytek stratosférického ozónu  
(freony, halony apod.)



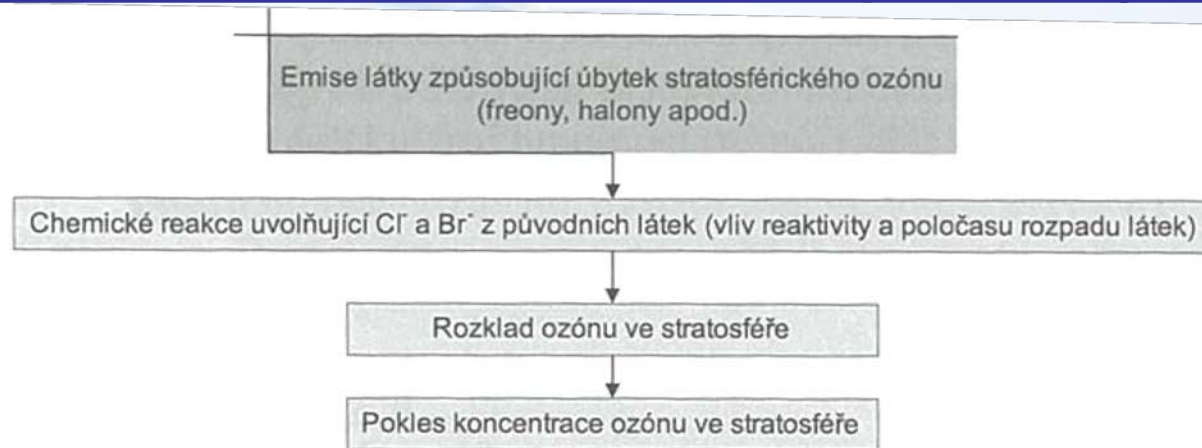
```
graph TD; A[Emise látky způsobující úbytek stratosférického ozónu  
(freony, halony apod.)] --> B[ ];
```

# Část dopadového řetězce látek poškozujících O<sub>3</sub>

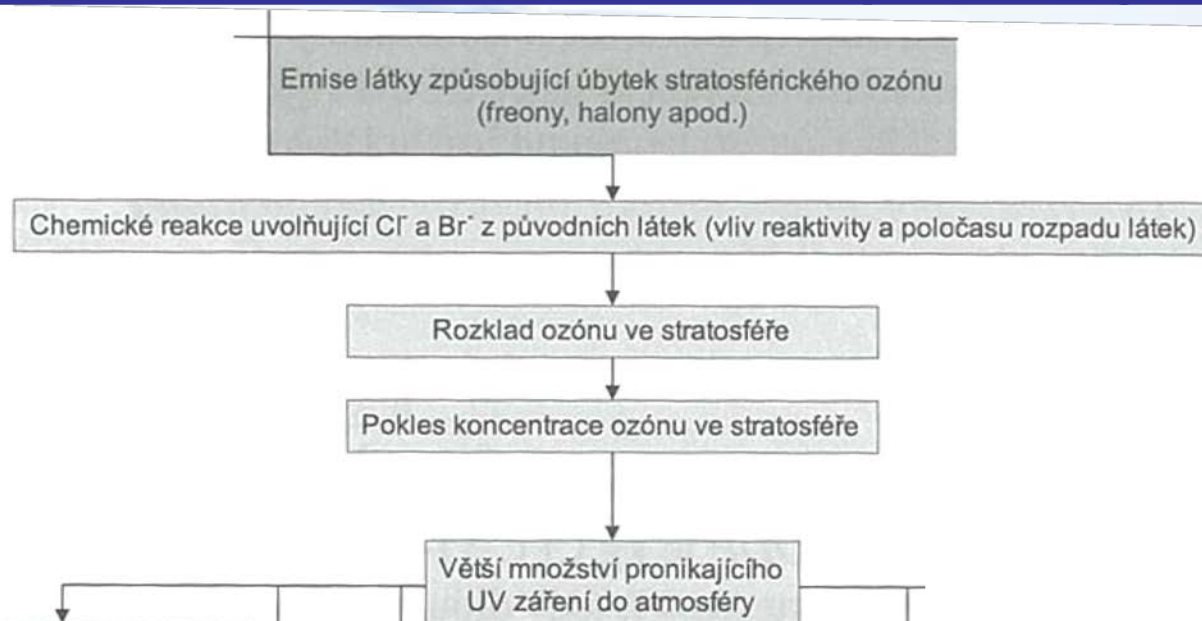




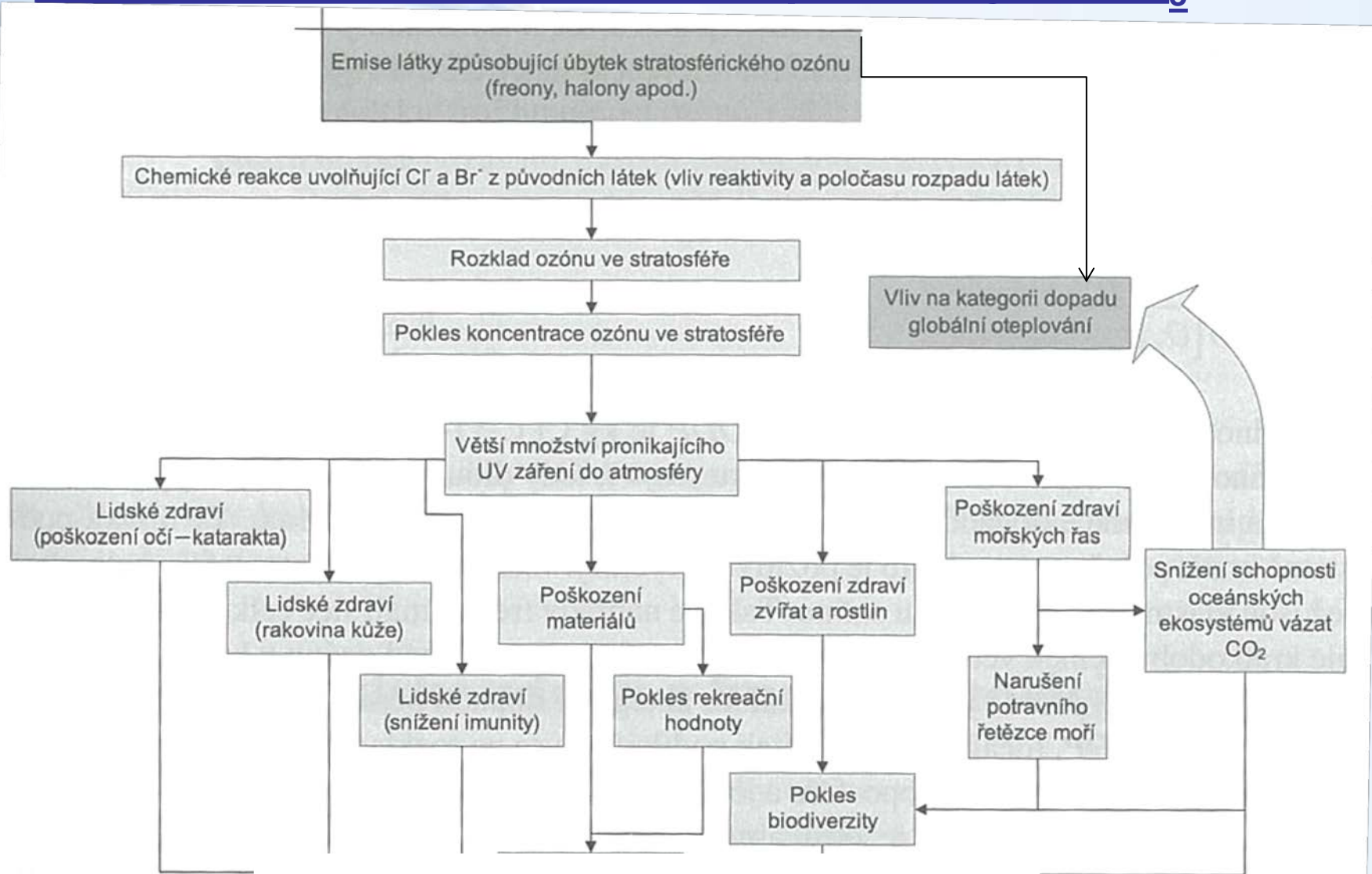
# Část dopadového řetězce látek poškozujících O<sub>3</sub>



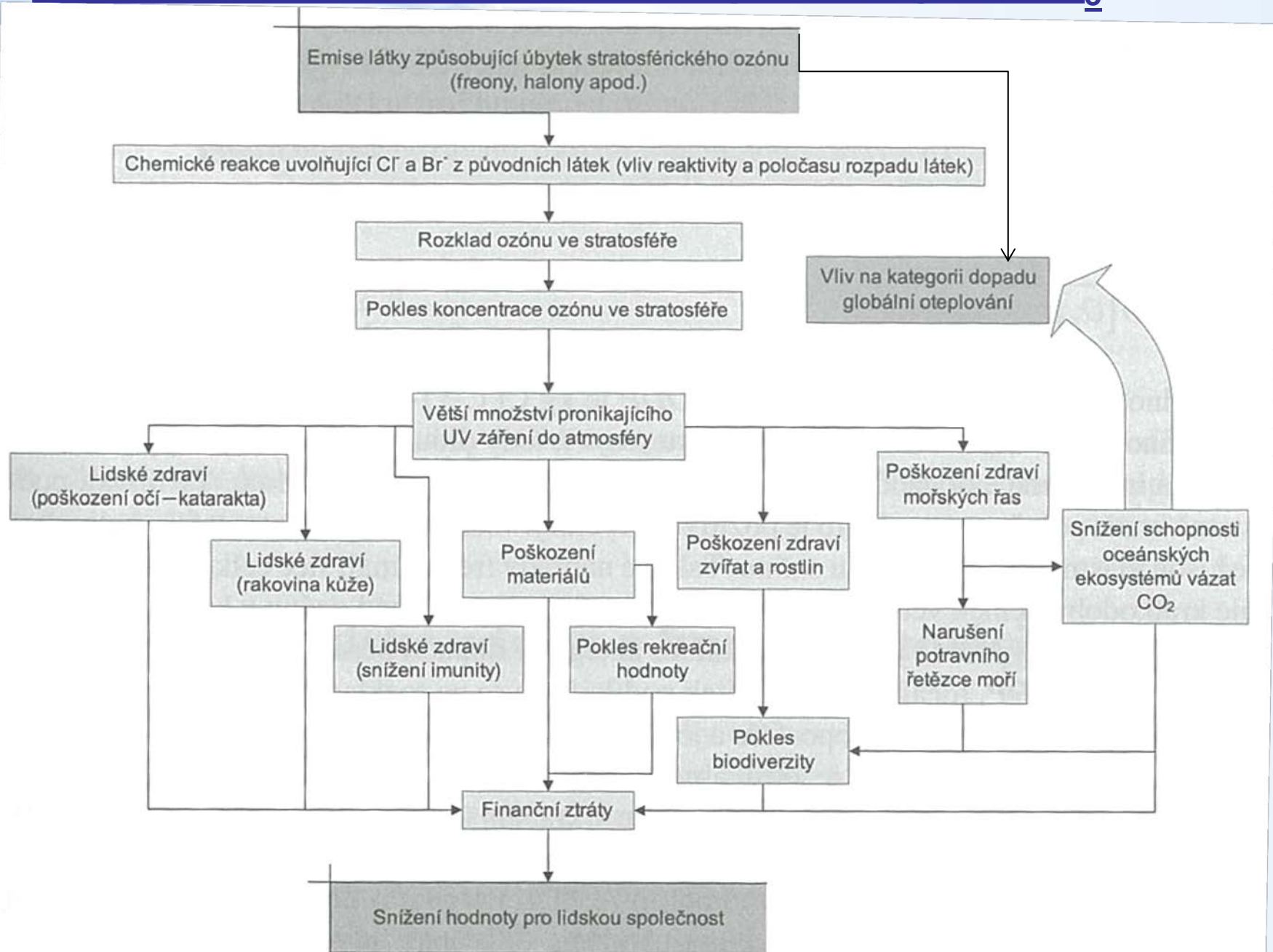
# Část dopadového řetězce látek poškozujících O<sub>3</sub>



# Část dopadového řetězce látek poškozujících O<sub>3</sub>



# Část dopadového řetězce látek poškozujících O<sub>3</sub>





# Indikátory úbytku stratosférického O<sub>3</sub>

- midpointový ind. – rozklad molekul O<sub>3</sub>
- potenciál úbytku strat. O<sub>3</sub> (*Ozone depletion potencial* – ODP) umožňuje porovnat různé látky mezi sebou

$$ODP_i = \frac{\delta[O_3]_i}{\delta[O_3]_{CFC11}} \quad - \quad \text{kg CFC11 ekv./kg}$$

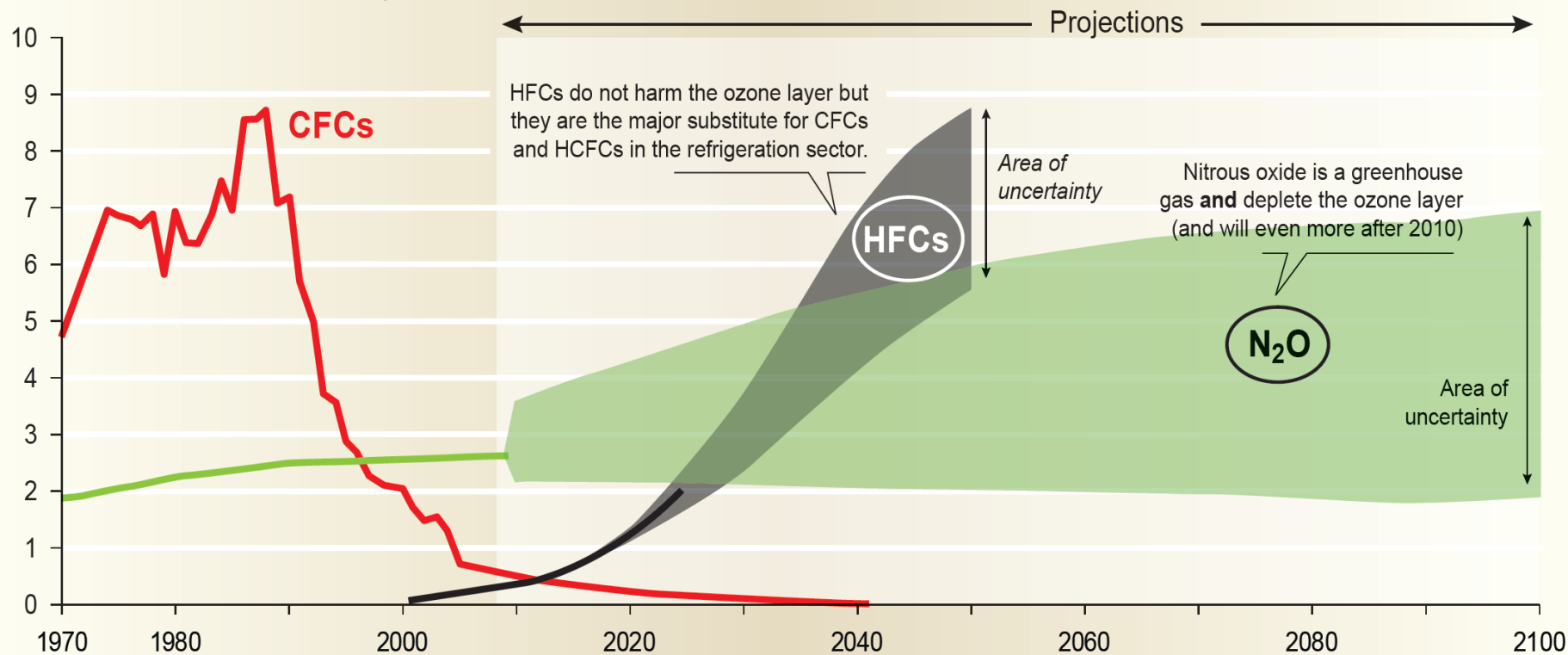
| Látka               | ODP, kg CFC-11-ekv/kg |        |        |        |        |        |        |       |
|---------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|                     | t = 5                 | t = 10 | t = 15 | t = 20 | t = 25 | t = 30 | t = 40 | t = ∞ |
| CFC-11              | 1                     | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1     |
| 1,1,1-trichlorethan | 1,03                  | 0,75   | 0,57   | 0,45   | 0,38   | 0,32   | 0,26   | 0,11  |
| CFC-113             | 0,55                  | 0,56   | 0,58   | 0,59   | 0,60   | 0,62   | 0,64   | 0,90  |
| Halon-1211          | 11,3                  | 10,5   | 9,7    | 9,0    | 8,5    | 8,0    | 7,1    | 5,1   |
| Halon-2402          | 12,8                  | 12,2   | 11,6   | 11,0   | 10,6   | 10,1   | 9,4    | 7     |
| HCFC-22             | 0,19                  | 0,17   | 0,15   | 0,14   | 0,13   | 0,12   | 0,10   | 0,034 |
| Methyl bromid       | 15,3                  | 5,4    | 3,1    | 2,3    | 1,8    | 1,5    | 1,2    | 0,37  |
| Tetrachlormetan     | 1,26                  | 1,25   | 1,23   | 1,22   | 1,22   | 1,20   | 1,14   | 1,2   |



## HFC AND N<sub>2</sub>O: TWO CLIMATE ENEMIES RELATED TO THE OZONE LAYER

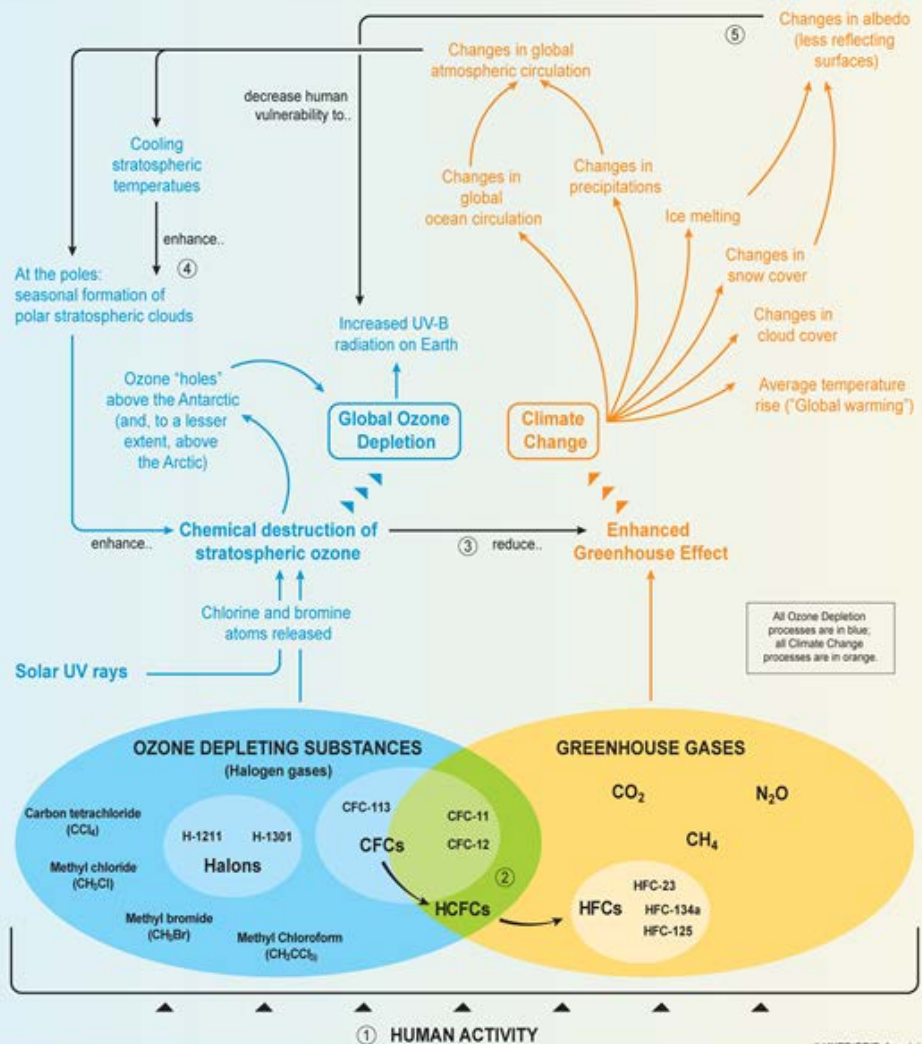
### Selected greenhouse gases emissions

Thousand million tonnes of CO<sub>2</sub>-equivalent



Source: A. R. Ravishankara, John S. Daniel, Robert W. Portmann, *Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O): The Dominant Ozone-Depleting Substance Emitted in the 21st Century*, Science, August 2009.





Ozone depletion and climate change are two distinct problems but as they both modify global cycles, they cannot be totally separated. There are still many uncertainties concerning the relations between the two processes.

Several links have been identified, in particular:

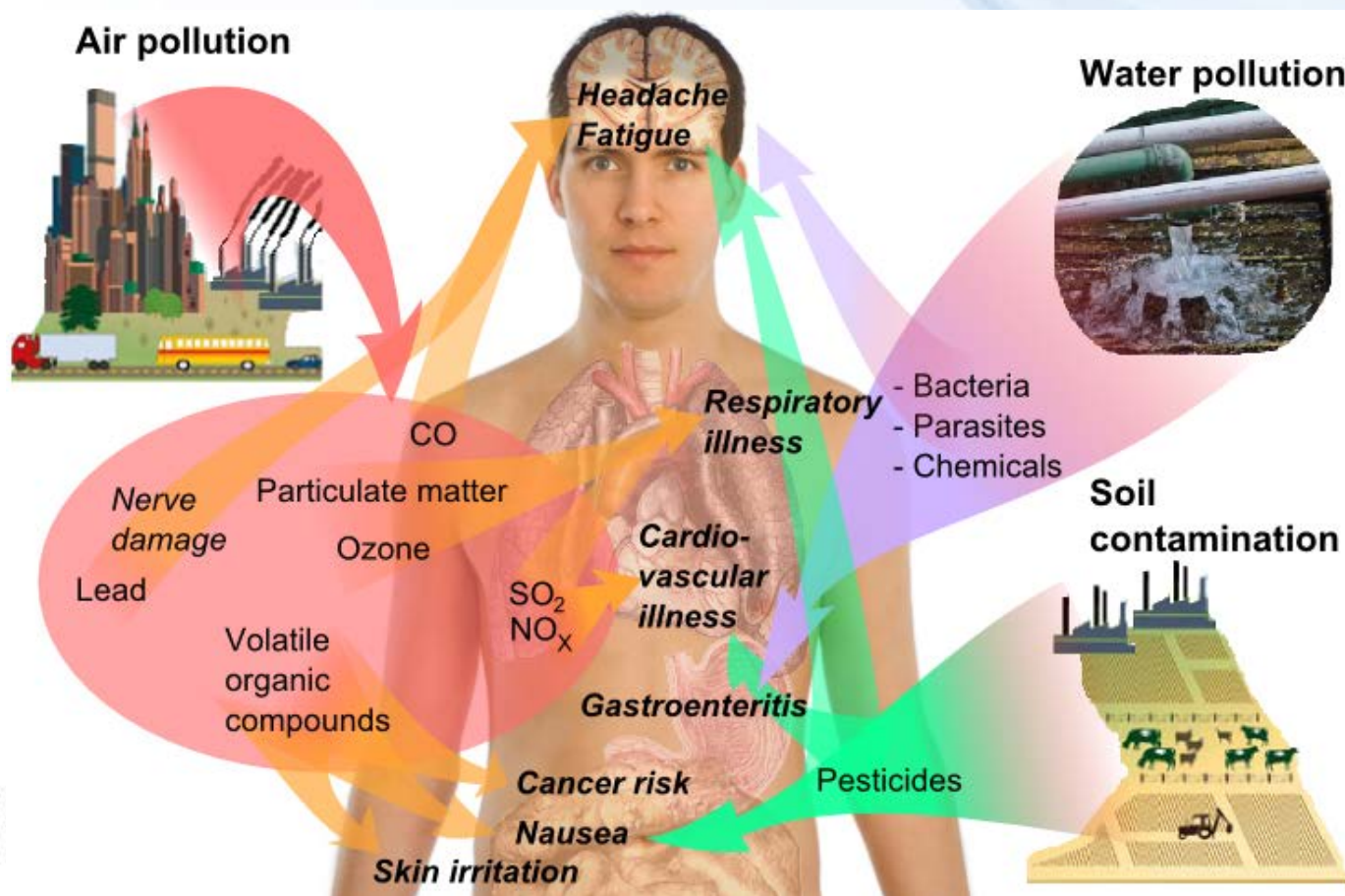
- ① Both processes are due to human-induced emissions.
- ② Many ozone depleting substances are also greenhouse gases, like CFC-11 and CFC12. HFCs, promoted to substitute CFCs, are sometimes stronger greenhouse gases than the CFCs they are replacing, but do not deplete the ozone layer. This fact is taken into account in the negotiations and decisions in both the Montreal and the Kyoto Protocol.
- ③ Ozone itself is a greenhouse gas. Therefore, its destruction in the stratosphere indirectly helps to cool the climate, but only to a small extent.
- ④ The global change in atmospheric circulation could be the cause of the recently observed cooling of stratospheric temperature. These low temperatures drive the formation of polar stratospheric clouds above the poles in the winter, greatly enhancing chemical ozone destruction and the formation of the "hole".
- ⑤ Human vulnerability to UV-B radiation is related to the albedo. The global warming context reduces white surfaces that are more likely to harm us.





# III. Humánní toxicita a lidské zdraví

- **humánní toxicita** – **midpointová** kategorie dopadu
  - vztaženo k toxicitě referenční látky např. 1,4-DCB
- **lidské zdraví** – **endpointová** kategorie dopadu
  - dopady toxických látek na délku života - DALY





# Humánní toxicita (*HT – Human toxicity*)

- problém různých mechanismů tox. účinků
- jak agregovat různé elem. toky, které jsou emitovány do různých složek ŽP, do jedné kategorie HT?
- ovlivněno faktory **přenosu, přestupu, příjmu a účinku**



# Humánní toxicita (*HT – Human toxicity*)

- problém různých mechanismů tox. účinků
- jak agregovat různé elem. toky, které jsou emitovány do různých složek ŽP, do jedné kategorie HT?
- ovlivněno faktory **přenosu, přestupu, příjmu a účinku**

## Faktory přenosu

- ovlivňují přestup látek ze složky ŽP, do které byly vypuštěné (*ecomp - emission compartment*), do složky prostředí, ze které na člověka působí (*fcomp – final compartment*)
- dáno fyz-chem. vlastnostmi emisí a složek prostředí
  - **reaktivita** – vazba na složky pr., reakce, sorpce atd.
  - **perzistence** – doba setrvání v ŽP
  - **biodegradace** – rozklad v prostředí
- pro látku *i* se faktory **přenosu** souhrnně značí  $F_i, ecomp, fcomp$



## Faktory přestupu

- faktory, jež popisují přestup látky  $i$  ze složky ŽP  $f_{comp}$  do **expozičního vektoru** (př. vdechnutý vzduch, mléko, maso...)
- expoziční vektor  $r$  – prostředek transportu látky do organ.
- pro látku  $i$  se faktory **přestupu** značí  $T_{i, f_{comp}, r}$



## Faktory přestupu

- faktory, jež popisují přestup látky  $i$  ze složky ŽP  $f_{comp}$  do **expozičního vektoru** (př. vdechnutý vzduch, mléko, maso...)
- expoziční vektor  $r$  – prostředek transportu látky do organ.
- pro látku  $i$  se faktory **přestupu** značí  $T_{i, f_{comp}, r}$

## Faktory příjmu

- faktory, jež ovlivňují **příjem tox. látky z vektoru  $r$**  člověkem
- př. množství přijímané potravy a vody, rychlost vyluč. atd.
- pro látku  $i$  se faktory **příjmu** značí  $I_r$





## Faktory přestupu

- faktory, jež popisují přestup látky  $i$  ze složky ŽP  $f_{comp}$  do **expozičního vektoru** (př. vdechnutý vzduch, mléko, maso...)
- expoziční vektor  $r$  = prostředek transportu látky do organ.
- pro látku  $i$  se faktory **přestupu** značí  $T_{i, f_{comp}, r}$

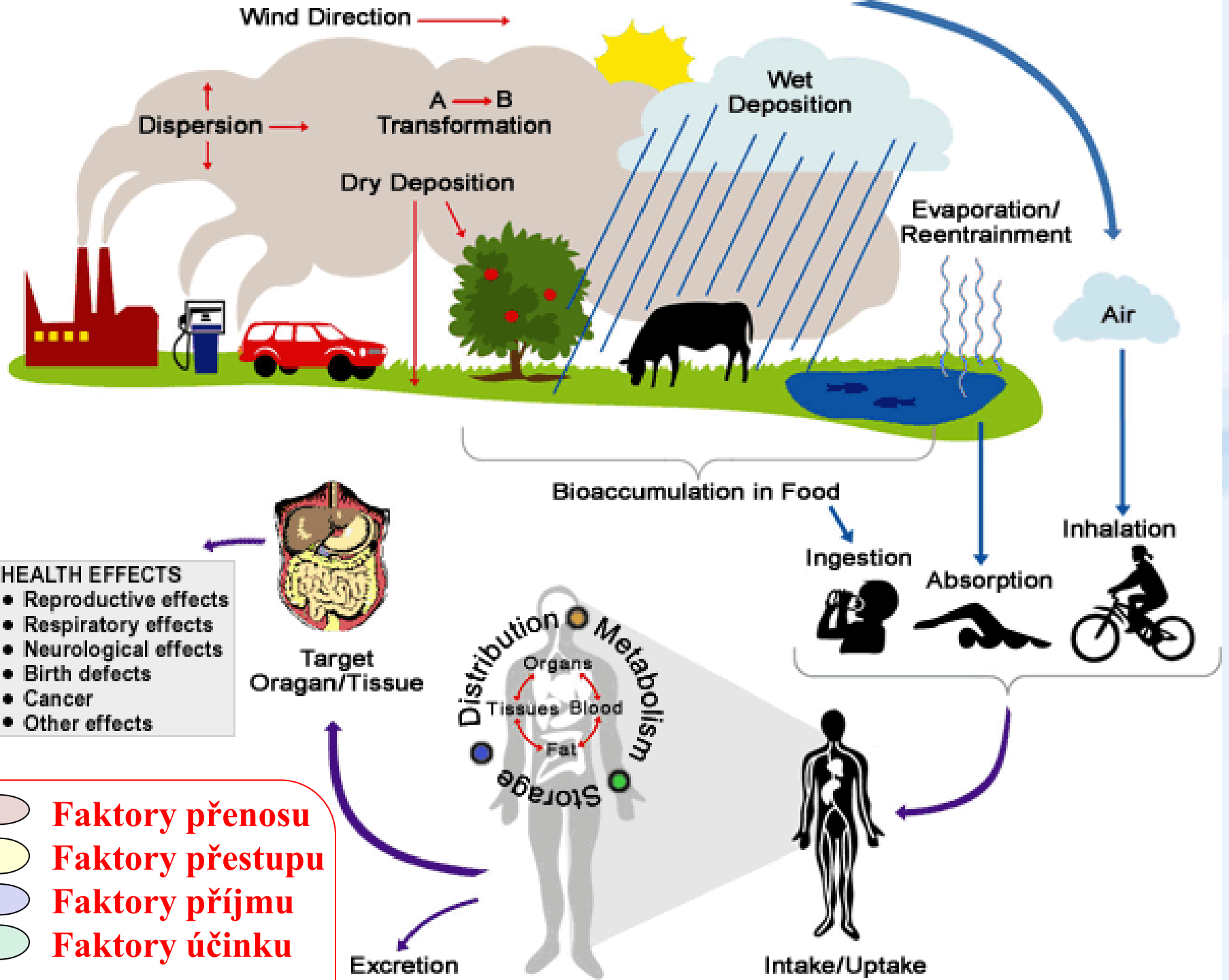
## Faktory příjmu

- faktory, jež ovlivňují **příjem tox. látky z vektoru  $r$**  člověkem
- př. množství přijímané potravy a vody, rychlost vyluč. atd.
- pro látku  $i$  se faktory **příjmu** značí  $I_r$

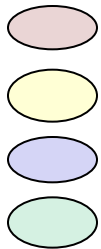
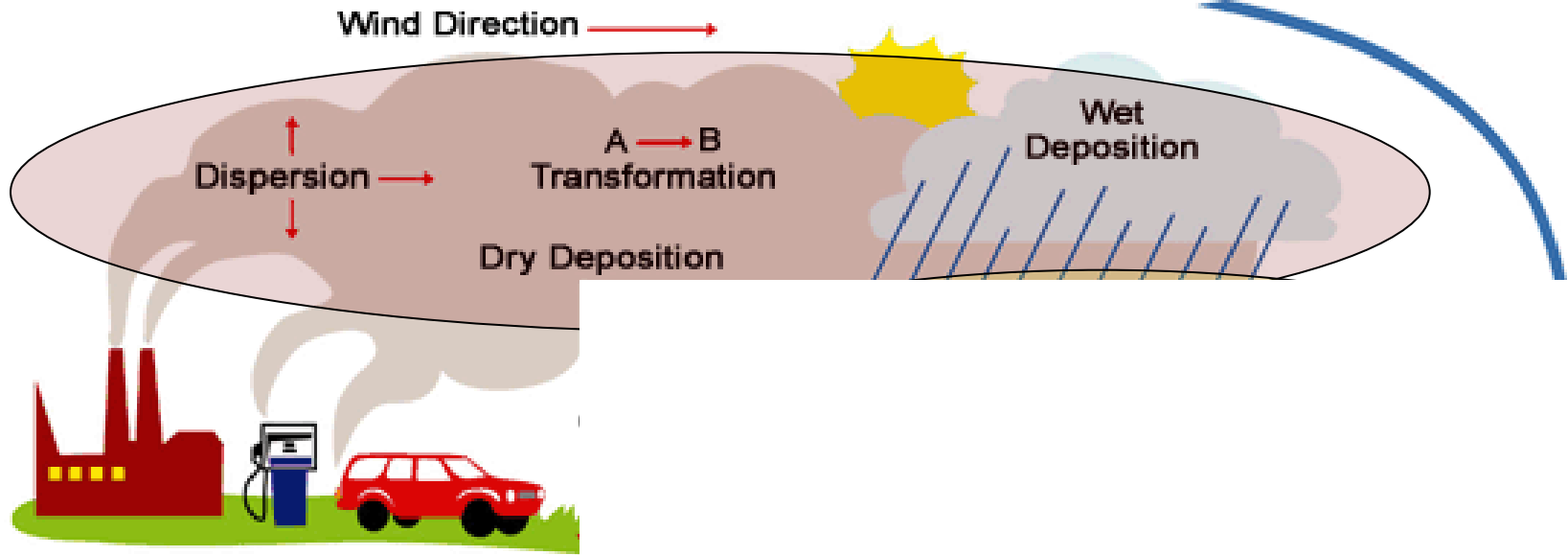
## Faktory účinku

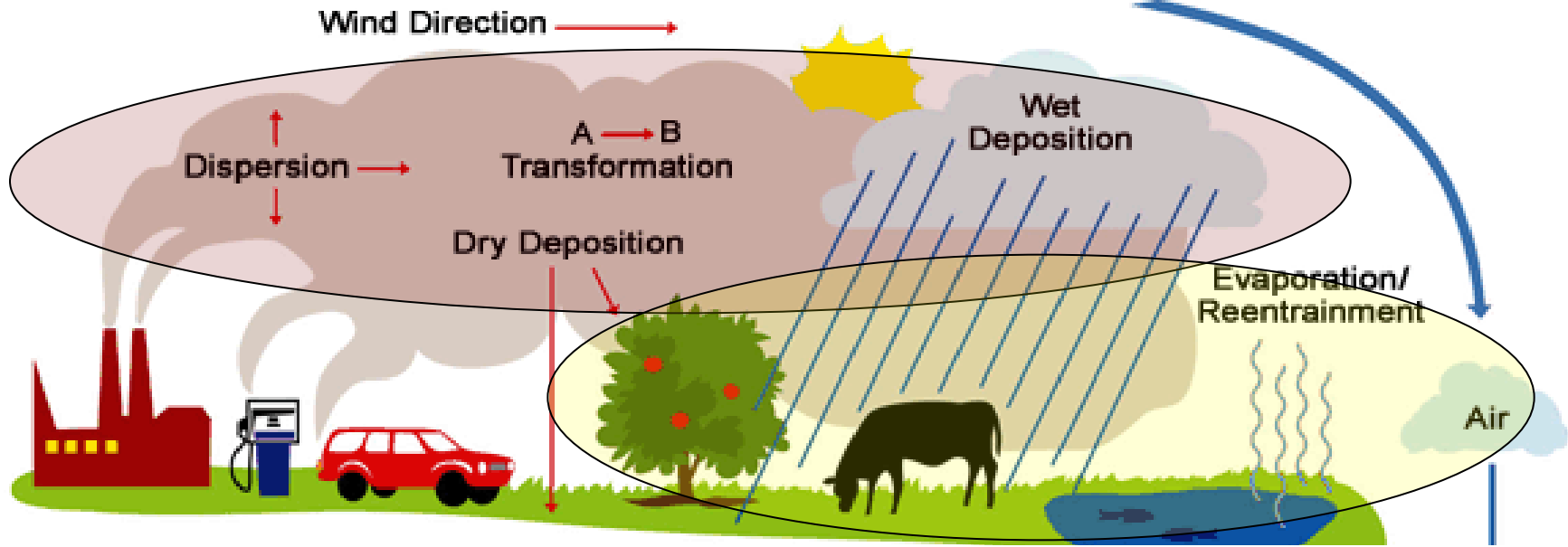
- popisují **míru jedovatosti** látky, je to ve vztahu k vektoru  $r$
- označují se  $E_{i,r}$  a odpovídá převrácené hodnotě přijatelné denní dávky ADI (*acceptable daily intake*),  $E_{i,r} = 1/ADI_{i,r}$





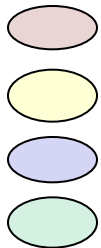
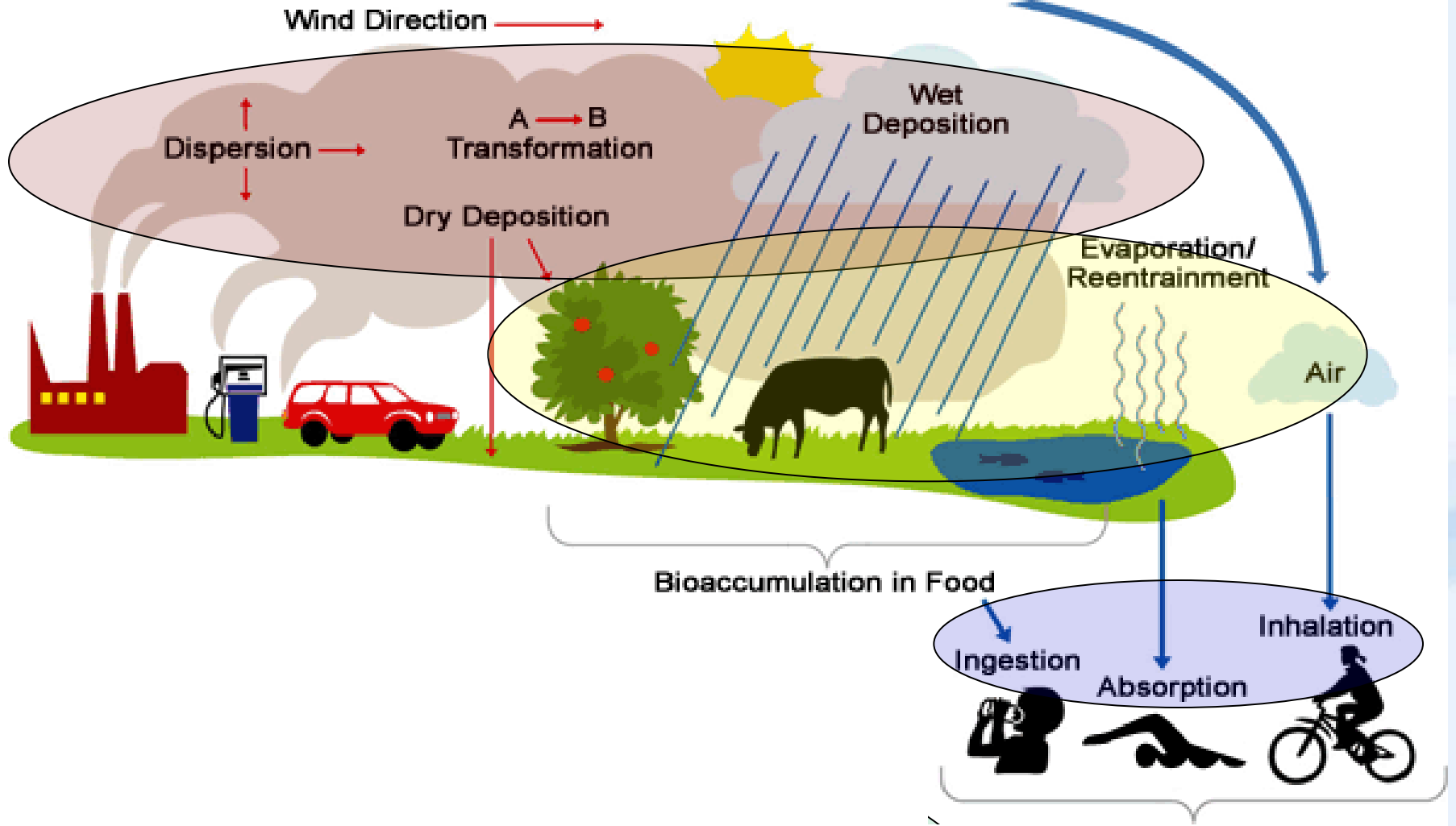
- Faktory přenosu**
- Faktory přestupu**
- Faktory příjmu**
- Faktory účinku**

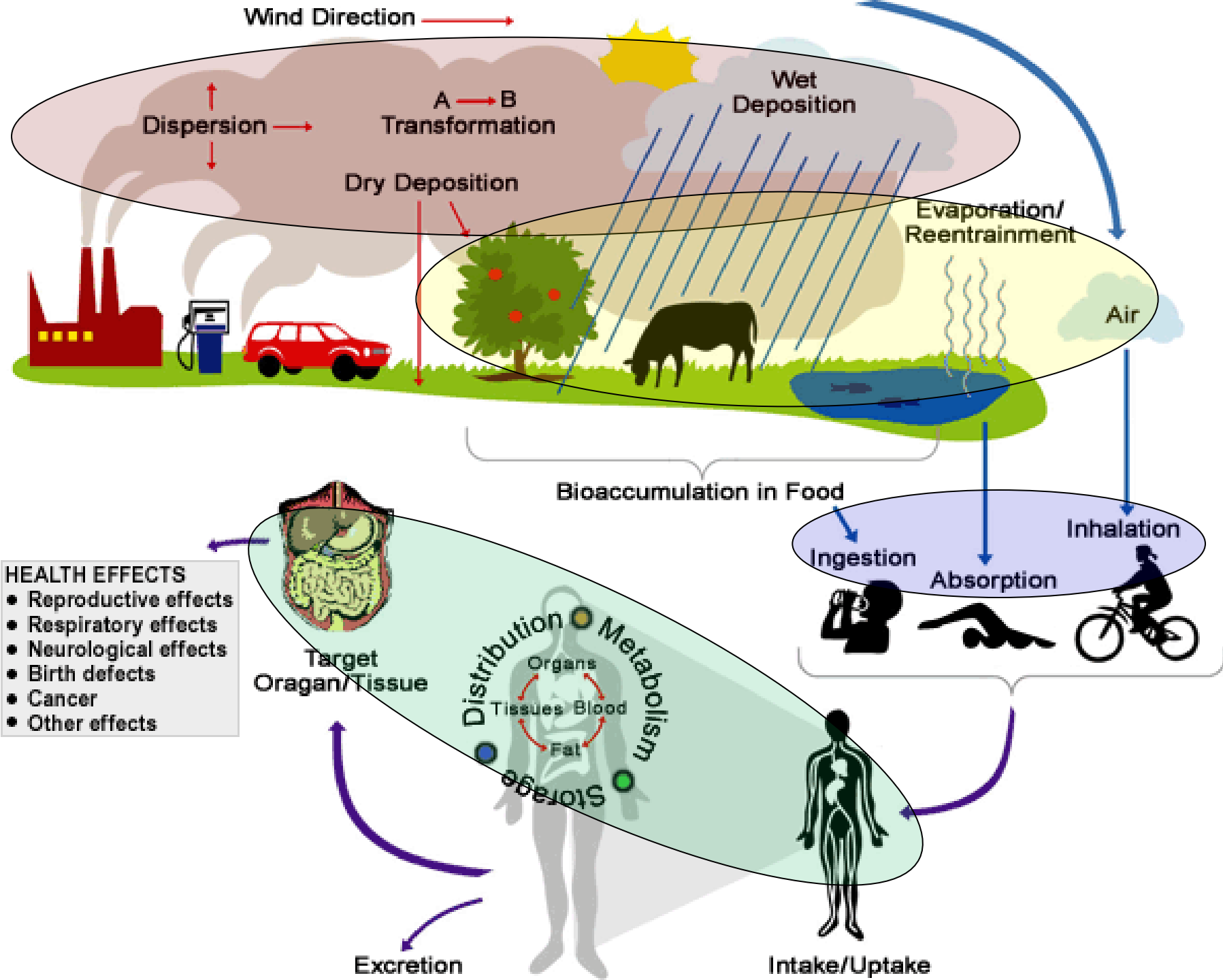




- 
- 
- 
-

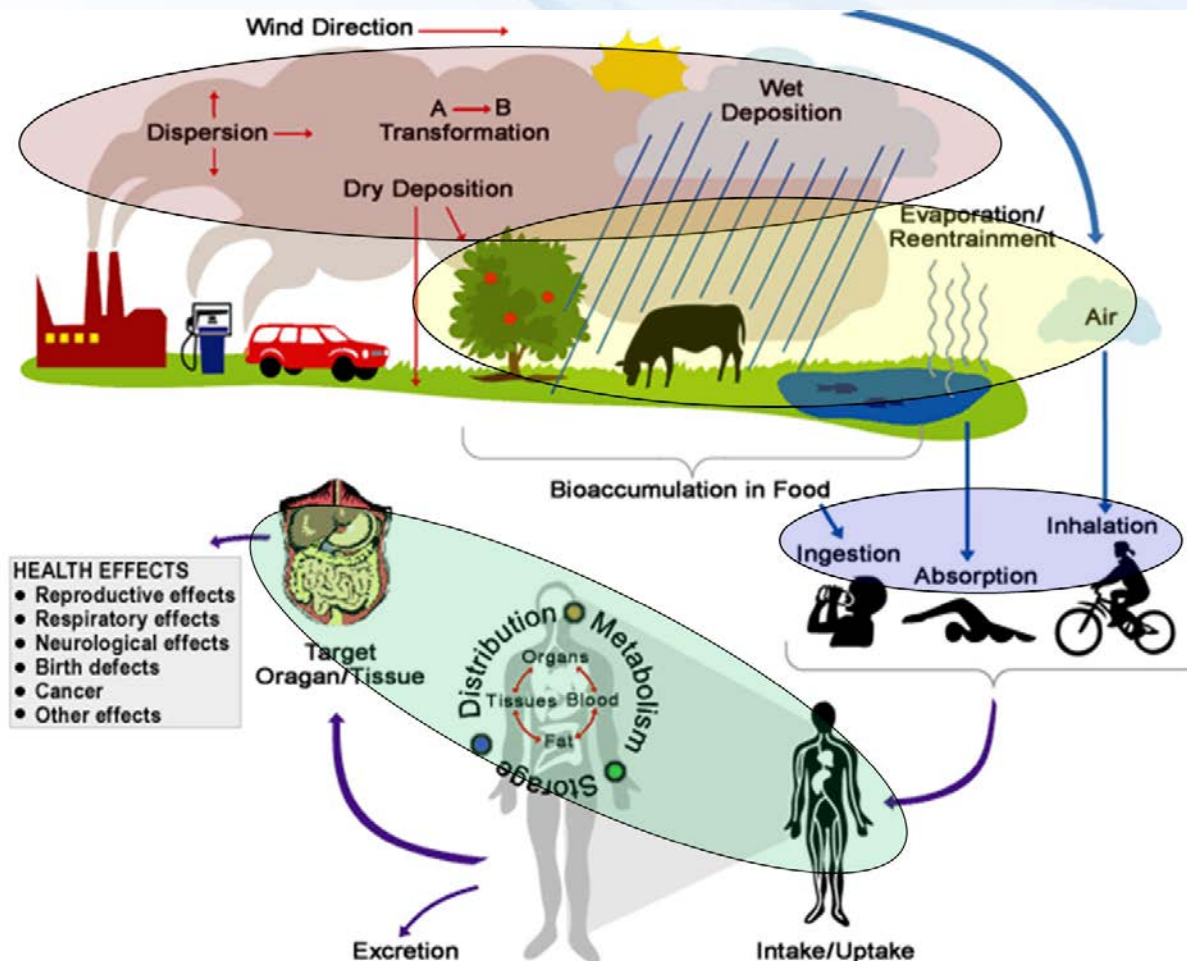






# Obecný souhrnný vzorec pro humánní toxicitu – $HT_{i, ecomp}$

$$HT_{i, ecomp} = \sum_{fcomp} \sum_r F_{i, ecomp, fcomp} * T_{i, fcomp, r} * I_r * E_{i, r}$$



## Obecný souhrnný vzorec pro humánní toxicitu – $HT_{i, ecomp}$

$$HT_{i, ecomp} = \sum_{fcomp} \sum_r F_{i, ecomp, fcomp} * T_{i, fcomp, r} * I_r * E_{i, r}$$

- toxické účinky emisí látky  $i$  zaústěných do složky ŽP  $ecomp$ , působící na člověka ve složce prostředí  $fcomp$  prostřednictvím vektoru příjmu  $r$





## Obecný souhrnný vzorec pro humánní toxicitu – $HT_{i, ecomp}$

$$HT_{i, ecomp} = \sum_{fcomp} \sum_r F_{i, ecomp, fcomp} * T_{i, fcomp, r} * I_r * E_{i, r}$$

- toxické účinky emisí látky  $i$  zaústěných do složky ŽP  $ecomp$ , působící na člověka ve složce prostředí  $fcomp$  prostřednictvím vektoru příjmu  $r$
- **potenciál humánní toxicity** – vztaženo k toxicitě 1,4-DCB

$$HTP_{i, ecomp} = \frac{\sum_{fcomp} \sum_r F_{i, ecomp, fcomp} * T_{i, fcomp, r} * I_r * E_{i, r}}{\sum_{fcomp} \sum_r F_{DCB, ecomp, fcomp} * T_{DCB, fcomp, r} * I_r * E_{DCB, r}}$$

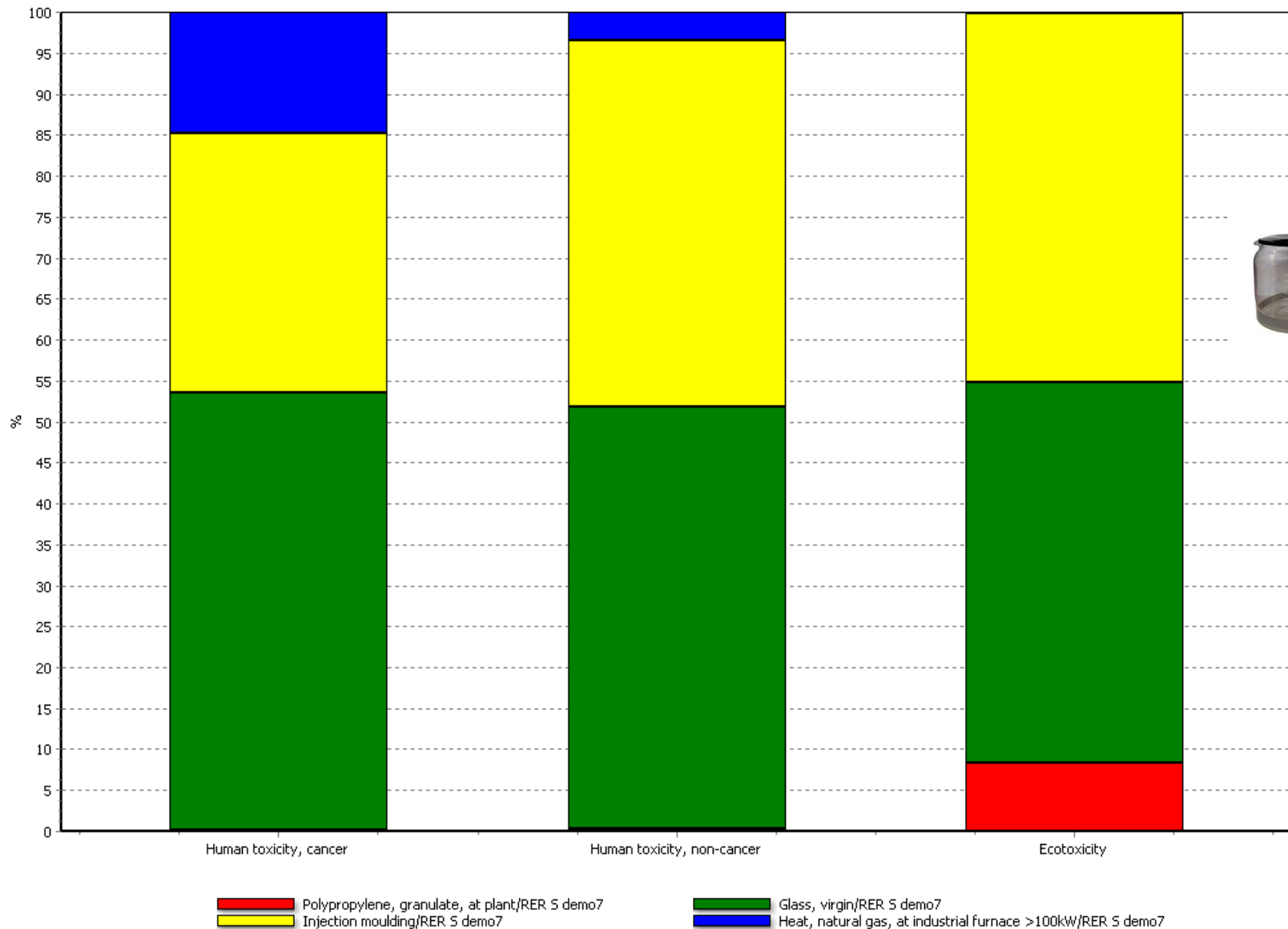
- modely LCIA používají několik modelů popisujících transport, degradaci v ŽP a toxické působení na člověka
- např. modely **IMPACT 2002**, **USEtox**, atd.



| Impact category                 | Unit         |
|---------------------------------|--------------|
| Climate change                  | kg CO2 eq    |
| Ozone depletion                 | kg CFC-11 eq |
| Terrestrial acidification       | kg SO2 eq    |
| Freshwater eutrophication       | kg P eq      |
| Marine eutrophication           | kg N eq      |
| Human toxicity                  | kg 1,4-DB eq |
| Photochemical oxidant formation | kg NMVOC     |
| Particulate matter formation    | kg PM10 eq   |
| Terrestrial ecotoxicity         | kg 1,4-DB eq |
| Freshwater ecotoxicity          | kg 1,4-DB eq |
| Marine ecotoxicity              | kg 1,4-DB eq |
| Ionising radiation              | kBq U235 eq  |
| Agricultural land occupation    | m2a          |
| Urban land occupation           | m2a          |
| Natural land transformation     | m2           |
| Water depletion                 | m3           |
| Metal depletion                 | kg Fe eq     |
| Fossil depletion                | kg oil eq    |

| Compartment | Subcompartment       | Substance                              | CAS number  | Factor | Unit              |
|-------------|----------------------|--|-------------|--------|-------------------|
| Air         | stratosphere + trop  | Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-  | 001746-01-6 | 1,1E8  | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | low. pop., long-term | Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-  | 001746-01-6 | 1,1E8  | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | low. pop.            | Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-  | 001746-01-6 | 1,1E8  | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | high. pop.           | Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-  | 001746-01-6 | 1,01E8 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         |                      | Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-  | 001746-01-6 | 1,01E8 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Water       | river                | Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-  | 001746-01-6 | 3,1E7  | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | stratosphere + trop  | Dioxin, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo- | 019408-74-3 | 6,12E6 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | low. pop., long-term | Dioxin, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo- | 019408-74-3 | 6,12E6 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | low. pop.            | Dioxin, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo- | 019408-74-3 | 6,12E6 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | high. pop.           | Dioxin, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo- | 019408-74-3 | 5,12E6 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         |                      | Dioxin, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo- | 019408-74-3 | 5,12E6 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Soil        | agricultural         | Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-  | 001746-01-6 | 4,8E6  | kg 1,4-DB eq / kg |
| Soil        | industrial           | Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-  | 001746-01-6 | 4,37E6 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Soil        | forestry             | Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-  | 001746-01-6 | 4,35E6 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Water       | river                | Polychlorinated biphenyl, PCB-1254     | 011097-69-1 | 1,53E6 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | stratosphere + trop  | Polychlorinated biphenyl, PCB-1254     | 011097-69-1 | 1,5E6  | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | low. pop., long-term | Polychlorinated biphenyl, PCB-1254     | 011097-69-1 | 1,5E6  | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | low. pop.            | Polychlorinated biphenyl, PCB-1254     | 011097-69-1 | 1,5E6  | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | high. pop.           | Polychlorinated biphenyl, PCB-1254     | 011097-69-1 | 1,46E6 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         |                      | Polychlorinated biphenyl, PCB-1254     | 011097-69-1 | 1,46E6 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Water       | ocean                | Polychlorinated biphenyl, PCB-1254     | 011097-69-1 | 8,67E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Water       | river                | Dioxin, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo- | 019408-74-3 | 6,56E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Soil        | agricultural         | Gold                                   | 007440-57-5 | 6,2E5  | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | high. pop.           | Mercury                                | 007439-97-6 | 5,18E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         |                      | Mercury                                | 007439-97-6 | 5,18E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Soil        | agricultural         | Dioxin, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo- | 019408-74-3 | 5,07E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Water       | ocean                | Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-  | 001746-01-6 | 4,74E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | stratosphere + trop  | Gold                                   | 007440-57-5 | 4,3E5  | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | low. pop., long-term | Gold                                   | 007440-57-5 | 4,3E5  | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | low. pop.            | Gold                                   | 007440-57-5 | 4,3E5  | kg 1,4-DB eq / kg |
| Soil        | agricultural         | Polychlorinated biphenyl, PCB-1254     | 011097-69-1 | 3,95E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Soil        | industrial           | Polychlorinated biphenyl, PCB-1254     | 011097-69-1 | 3,84E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Soil        | forestry             | Polychlorinated biphenyl, PCB-1254     | 011097-69-1 | 3,83E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Water       | river                | 7,12-Dimethylbenz(a)anthracene         | 000057-97-6 | 3,72E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | high. pop.           | Beryllium                              | 007440-41-7 | 3,54E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         |                      | Beryllium                              | 007440-41-7 | 3,54E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Soil        | agricultural         | Triaziquone                            | 000068-76-8 | 3,14E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | high. pop.           | Gold                                   | 007440-57-5 | 3,09E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         |                      | Gold                                   | 007440-57-5 | 3,09E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | high. pop.           | Tetraethyl lead                        | 000078-00-2 | 1,57E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         |                      | Tetraethyl lead                        | 000078-00-2 | 1,57E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Water       | river                | Tetraethyl lead                        | 000078-00-2 | 1,51E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | stratosphere + trop  | Triaziquone                            | 000068-76-8 | 1,19E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | low. pop., long-term | Triaziquone                            | 000068-76-8 | 1,19E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | low. pop.            | Triaziquone                            | 000068-76-8 | 1,19E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Water       | river                | Methylmercury                          | 022967-92-6 | 1,05E5 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Water       | river                | Polychlorinated biphenyl, PCB-1016     | 012674-11-2 | 9,93E4 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Soil        | agricultural         | Cadmium                                | 007440-43-9 | 9,52E4 | kg 1,4-DB eq / kg |
| Air         | stratosphere + trop  | Arsenic                                | 007440-38-2 | 7,7E4  | kg 1,4-DB eq / kg |

# Modelace *HT* metodikou USEtox



# Lidské zdraví (HH - Human health)

- expozice toxické látky se projeví na zdraví člověka **nemocí trvající určitou dobu, nebo předčasným úmrtím**
- tox. účinky látek jsou vyjádřeny jako **počet roků života ovlivněných nezpůsobilostí (DALY – disability adjusted life years)**

# Lidské zdraví (HH - Human health)

- expozice toxické látky se projeví na zdraví člověka **nemocí trvající určitou dobu, nebo předčasným úmrtím**
- tox. účinky látek jsou vyjádřeny jako **počet roků života ovlivněných nezpůsobilostí (DALY – disability adjusted life years)**

## Hodnota DALY je určována

- na základě analýzy: transportu látek v ŽP, expozice, účinků na lidské zdraví a poškození využívající odhady **počtu let osob žijících s vyvolaným poškozením (YLD – years lived disabled)** a **počtu let zkrácení lidského života v exponov. lidské populaci (YLL – years of life lost)**

$$YLD = I * Z * T$$

$$YLL = N * R$$

$$DALY = YLL + YLD$$

*N – počet úmrtí, R – počet let od věku úmrtí do hodnoty průměrného věku života, I – počet výskytů onemocnění, Z – závažnost onemocnění, T – průměrná doba trvání onemocnění*



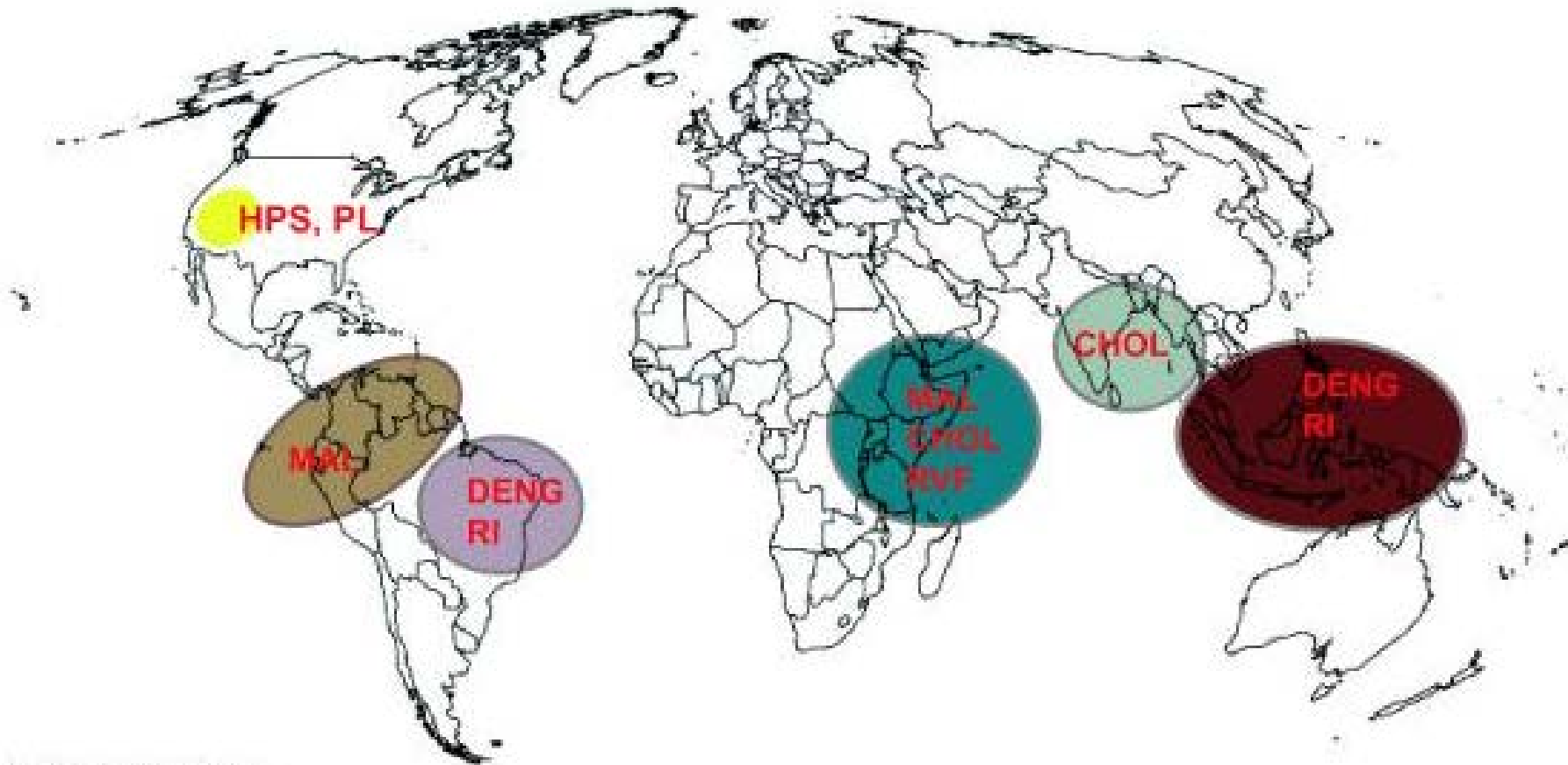
# Do kat. HH jsou řazena onemocnění

- infekční nemoci, kardiovaskulární a respirační onem. a vynucená migrace v důsledku **klimatických změn**
- rozvoj nádor. onemocnění v důsledku **radiace**
- poškození očí a karcinomy v důsledku **poškození O<sub>3</sub> vrstvy**
- respirační choroby a karcinomy způsobené **tox. látkami ve vzduchu, pitné vodě a potravě**
  
- hodnoty **DALY** jsou k dispozici v databázích LCA software či webu WHO



| General                         |            | Characterization |                      | Damage assessment                     |             | Normalization and Weighting |           |
|---------------------------------|------------|------------------|----------------------|---------------------------------------|-------------|-----------------------------|-----------|
| Impact category                 | Unit       | Compartment      | Subcompartment       | Substance                             | CAS number  | Factor                      | Unit      |
| Climate change Human Health     | DALY       | Air              | stratosphere + trop  | Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p- | 001746-01-6 | 76,9                        | DALY / kg |
| Ozone depletion                 | DALY       | Air              | low. pop., long-terr | Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p- | 001746-01-6 | 76,9                        | DALY / kg |
| Human toxicity                  | DALY       | Air              | low. pop.            | Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p- | 001746-01-6 | 76,9                        | DALY / kg |
| Photochemical oxidant formation | DALY       | Air              |                      | Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p- | 001746-01-6 | 70,7                        | DALY / kg |
| Particulate matter formation    | DALY       | Air              |                      | Mercury                               | 007439-97-6 | 0,363                       | DALY / kg |
| Ionising radiation              | DALY       | Air              |                      | Beryllium                             | 007440-41-7 | 0,248                       | DALY / kg |
| Climate change Ecosystems       | species.yr | Soil             | agricultural         | Cadmium                               | 007440-43-9 | 0,0666                      | DALY / kg |
| Terrestrial acidification       | species.yr | Air              | stratosphere + trop  | Arsenic                               | 007440-38-2 | 0,0504                      | DALY / kg |
| Freshwater eutrophication       | species.yr | Air              | low. pop., long-terr | Arsenic                               | 007440-38-2 | 0,0504                      | DALY / kg |
| Terrestrial ecotoxicity         | species.yr | Air              | low. pop.            | Arsenic                               | 007440-38-2 | 0,0504                      | DALY / kg |
| Freshwater ecotoxicity          | species.yr | Air              | stratosphere + trop  | Mercury                               | 007439-97-6 | 0,0396                      | DALY / kg |
| Marine ecotoxicity              | species.yr | Air              | low. pop., long-terr | Mercury                               | 007439-97-6 | 0,0396                      | DALY / kg |
| Agricultural land occupation    | species.yr | Air              | low. pop.            | Mercury                               | 007439-97-6 | 0,0396                      | DALY / kg |
| Urban land occupation           | species.yr | Air              |                      | Arsenic                               | 007440-38-2 | 0,0359                      | DALY / kg |
| Natural land transformation     | species.yr | Air              | stratosphere + trop  | Cadmium                               | 007440-43-9 | 0,0317                      | DALY / kg |
| Metal depletion                 | \$         | Air              | low. pop., long-terr | Cadmium                               | 007440-43-9 | 0,0317                      | DALY / kg |
| Fossil depletion                | \$         | Air              | low. pop.            | Cadmium                               | 007440-43-9 | 0,0317                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              |                      | Silver                                | 007440-22-4 | 0,0275                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              |                      | Cadmium                               | 007440-43-9 | 0,0252                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              | stratosphere + trop  | Silver                                | 007440-22-4 | 0,0221                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              | low. pop., long-terr | Silver                                | 007440-22-4 | 0,0221                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              | low. pop.            | Silver                                | 007440-22-4 | 0,0221                      | DALY / kg |
|                                 |            | Water            |                      | Mercury                               | 007439-97-6 | 0,0176                      | DALY / kg |
|                                 |            | Soil             | agricultural         | Silver                                | 007440-22-4 | 0,0144                      | DALY / kg |
|                                 |            | Soil             | agricultural         | Thallium                              | 007440-28-0 | 0,014                       | DALY / kg |
|                                 |            | Air              |                      | Phosphorus                            | 007723-14-0 | 0,0131                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              | stratosphere + trop  | Lead                                  | 007439-92-1 | 0,0114                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              | low. pop., long-terr | Lead                                  | 007439-92-1 | 0,0114                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              | low. pop.            | Lead                                  | 007439-92-1 | 0,0114                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              |                      | Lead                                  | 007439-92-1 | 0,011                       | DALY / kg |
|                                 |            | Air              | stratosphere + trop  | Beryllium                             | 007440-41-7 | 0,0106                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              | low. pop., long-terr | Beryllium                             | 007440-41-7 | 0,0106                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              | low. pop.            | Beryllium                             | 007440-41-7 | 0,0106                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              | stratosphere + trop  | Phosphorus                            | 007723-14-0 | 0,0104                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              | low. pop., long-terr | Phosphorus                            | 007723-14-0 | 0,0104                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              | low. pop.            | Phosphorus                            | 007723-14-0 | 0,0104                      | DALY / kg |
|                                 |            | Water            |                      | Arsenic, ion                          | 017428-41-0 | 0,0104                      | DALY / kg |
|                                 |            | Air              |                      | Toluene diisocyanate                  | 026471-62-5 | 0,00914                     | DALY / kg |
|                                 |            | Soil             | agricultural         | Mercury                               | 007439-97-6 | 0,00875                     | DALY / kg |
|                                 |            | Water            |                      | Toluene diisocyanate                  | 026471-62-5 | 0,00863                     | DALY / kg |

## „Hot-spots“ s očekávaným ↑ onemocnění v důsledku CC



DENG Dengue Fever

RI Respiratory Illness

CHOL Cholera

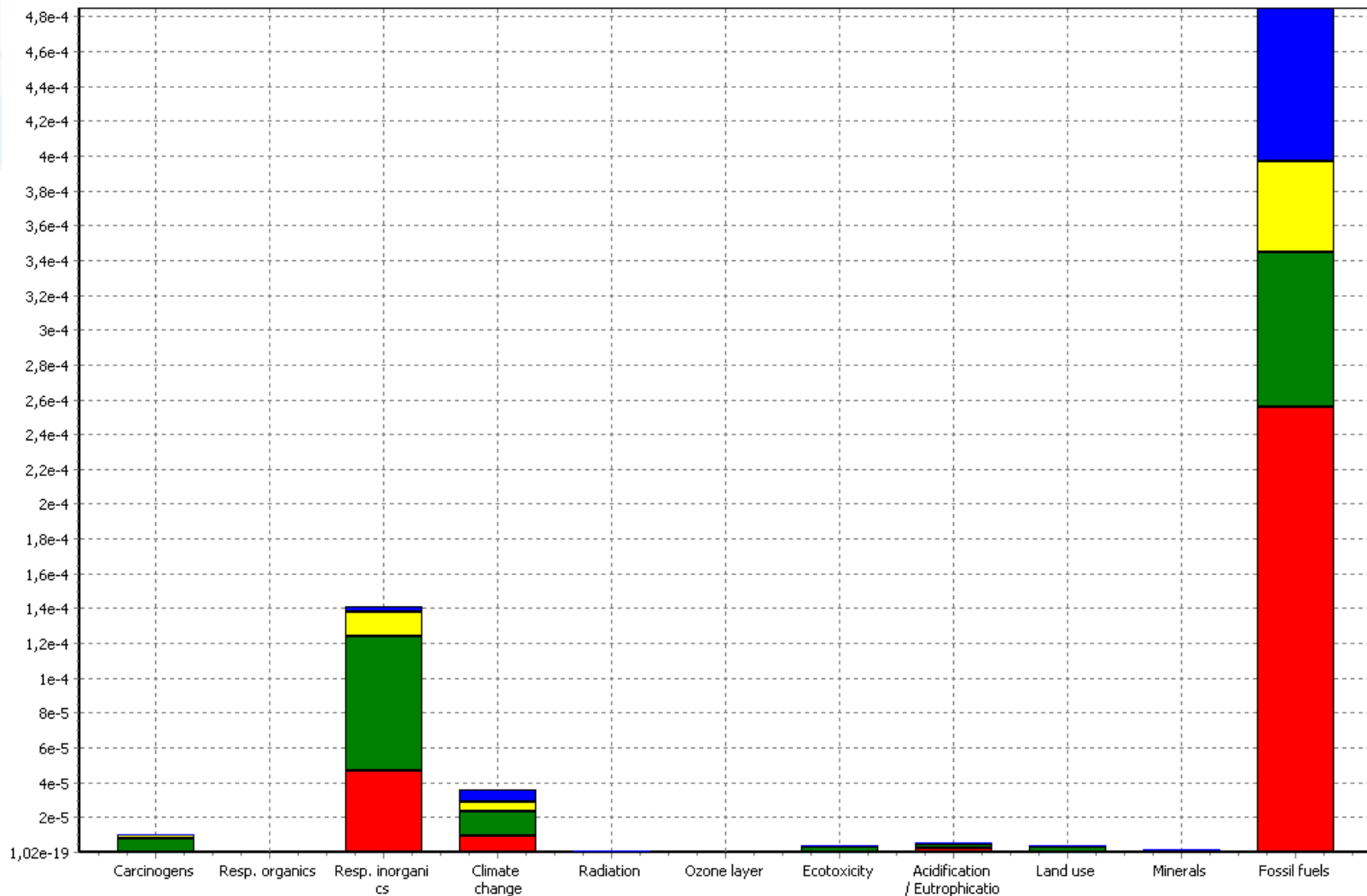
MAL Malaria

RVF Rift Valley Fever

HPS Hanta Virus Pulmonary Syndrome

PL Plague

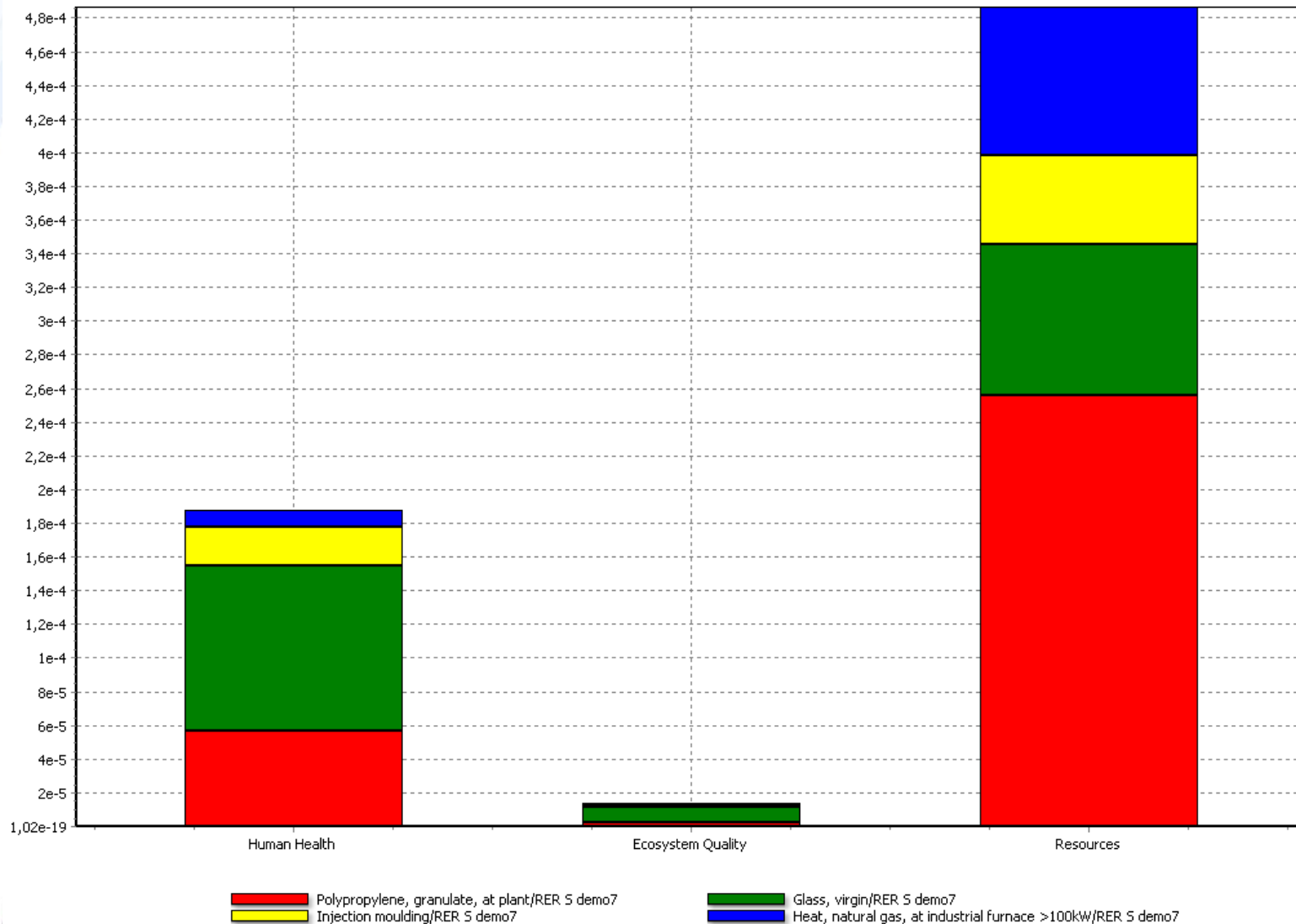
# Modelace *HT* metodikou Eco-Indicator 99 - midpointy



■ Polypropylene, granulate, at plant/RER S demo7  
■ Injection moulding/RER S demo7

■ Glass, virgin/RER S demo7  
■ Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER S demo7

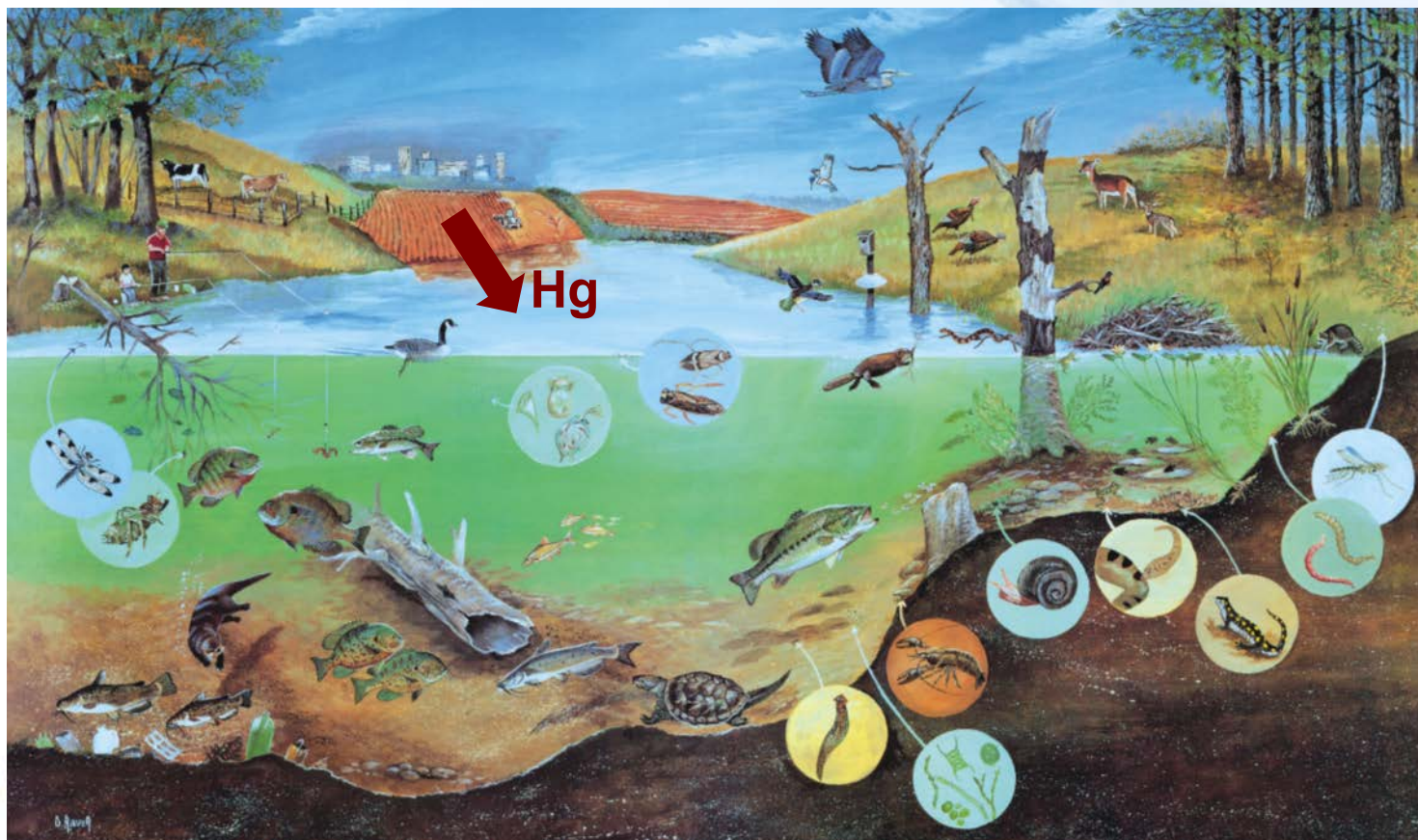
# Modelace *HH* metodikou Eco-Indicator 99 - endpointy





## IV. Ekotoxicitata (*ET* - ecotoxicity)

- nepříznivé dopady tox. látek na stav ekosystémů
- nesleduje se zde tox. působení na jednotlivce, ale na **rovnováhu a funkčnost ekosystémů**
- sledovány tedy jiné mechanismy účinku než u *HT*



# Ekotoxická

- ekotoxicky významné jsou hlavně **kovy a organické látky** uvolňované z komun. i prům. **odpadů**
- dále také **pesticidy** používané v zemědělské produkci
  - hlavní dopad na **půdní ekosystémy** a jejich funkce (spjaté hlavně s **mikroorg.**), jako jsou cyklování nutrientů, čištění vody, produkce zeměd'. plodin
- novou skupinou významných ekotoxických látek jsou **léčiva**



# Důsledky ekotoxického působení látek

- 1) Snížení produkční schopnosti ekosystémů (úrodnosti)
- 2) Snížení biodiverzity
- 3) Úbytek biologických druhů

- ekosystémy často provázané – narušení př. půdního ekosyst. vede jak ke snížení úrodnosti, tak i kvality podzemních vod...





# SLOŽKY BLAHOBYTU

## SLUŽBY EKOSYSTÉMŮ

### Podpůrné

- OBĚH ŽIVIN
- TVORBA PŮDY
- PRIMÁRNÍ PRODUKCE
- ....

### Zásobovací

- POTRAVA
- SLADKÁ VODA
- DŘEVO A VLÁKNA
- PALIVO
- ...

### Regulační

- REGULACE PODNEBÍ
- REGULACE ZÁPLAV
- REGULACE NEMOCÍ
- ČIŠTĚNÍ VODY
- ...

### Kulturní

- ESTETICKÉ
- DUCHOVNÍ
- VZDĚLÁVACÍ
- REKREAČNÍ
- ...

ŽIVOT NA ZEMI - BIOLOGICKÁ ROZMANITOST

### Jistoty

- OSOBNÍ BEZPEČNOST
- JISTÝ PŘÍSTUP KE ZDROJŮM
- BEZPEČÍ PŘED POHROMAMI

### Základní materiál pro dobrý život

- POSTAČUJÍCÍ ŽIVOBYTÍ
- DOSTATEČNÁ VÝŽIVNÁ STRAVA
- PŘÍSTŘEŠÍ
- PŘÍSTUP KE ZBOŽÍ

### Zdraví

- SÍLA
- POCIT ZDRAVÍ
- PŘÍSTUP K ČISTÉMU VZDUCHU A VODĚ

### Dobré společenské vztahy

- SPOLEČENSKÁ SOUDRŽNOST
- VZÁJEMNÁ ÚCTA
- SCHOPNOST POMÁHAT OSTATNÍM

### Svoboda volby a činu

PŘÍLEŽITOST MOCI DOSÁHNOUT TO, CO JEDINEC POVAŽUJE ZA HODNOTNÉ DĚLAT A BÝT



### BARVA ŠÍPKY

Potenciál pro zprostředkování socioekonomickými faktory

- malý
- střední
- vysoký

### TLOUŠŤKA ŠÍPKY

Síla vazby mezi službou ekosystému a lidským blahobytem

- slabá
- střední
- silná

Zdroj: Millennium Ecosystem Assessment

# My New Scientist

[Home](#) | [News](#)

## Don't ignore nature's bottom line

› 17 May 1997 by **Bob Holmes**

› Magazine issue 2082. [Subscribe and save](#)

### Santa Cruz

NATURE provides the world's people with gifts worth nearly twice the value of all human economic activity each year, according to the first-ever attempt at quantifying its global value.

The economic value to people of natural processes such as climate regulation and soil formation rarely enters into the calculations of mainstream economists. But some experts have now begun to wonder whether these "ecosystem services" should be included in the balance when using economic data to analyse policy decisions.

## Ekonomická hodnota včel

**10. 1. 2009**

Vědci z Francie a Německa zjistili, že celosvětová ekonomická hodnota opylovacích služeb zajišťovaných hmyzími opylovateli, hlavně včelami, byla €153 miliard v roce 2005 u hlavních plodin, které zásobují potravinami svět. Toto číslo činí 9.5% celkové hodnoty světové zemědělské produkce potravin. Studie také zjistila že zmizení opylovatelů by se projevilo ve ztrátě nadhodnoty u spotřebitelů odhadem mezi €190 až €310 miliard. Výsledky studie o ekonomické hodnotě zranitelnosti světového zemědělství v konfrontaci s úbytkem opylovatelů jsou publikovány v časopisu "ECOLOGICAL ECONOMICS".





# Výslednou ekotoxicitu látky určuje

- 1) **Chem-fyz. vlastnosti látky** - skupenství, rozpustnost, lipofilita, ionizovatelnost atd.
  - 2) **Čas a způsob expozice** – kontinuální či akutní expozice
  - 3) **Env. faktory** – teplota, vlhkost, světlo
  - 4) **Interakce mezi toxikanty** (toxicita směsí)
  - 5) **Biologické faktory** příjemce – rozdílné působení dle věku, výživy, genetických dispozic, pohlaví, nemoci atd.
- dle množství výše uvedených faktorů nelze určit **individuální prognózu ekotoxicity** pro konkrétního jedince
  - pro účely LCA se ekotoxicita určuje v měřítku **populací**, tedy po značném zjednodušení



# Ekotoxicita

- LCA hodnotí dopady na **sladkovodní, mořské, půdní ekos.** a ekosystémy **sladkovodních a mořských sedimentů**

## Ekotox. určují:

- env. faktory účinku  $E_{fcomp}$  a faktory přenosu  $F_{ecomp, fcomp}$
- hodnota  $E_{fcomp} = 1/PNEC$  (z výsledků experim. stanovení)
- $F_{i,ecomp, fcomp}$  popisuje (jak u *HT*) osud látky od emise do složky ŽP po přestup do složky, kde působí toxicky, př.  $F_{DDT, vzduch, voda}$

## Obecná rovnice vyjádření ekotoxicity látky *i* při emisi do *ecomp*

$$ET_{i, ecomp} = \sum_{fcomp} F_{i, ecomp, fcomp} * E_{i, fcomp}$$

? v čem se liší:  $HT_{i, ecomp} = \sum_{fcomp} \sum_r F_{i, ecomp, fcomp} * T_{i, fcomp, r} * I_r * E_{i, r}$



# Indikátory kategorie dopadu *ET*

- na úrovni **midpointu** – potenciál ekotoxicity – *ETP*
- ekotox. vztažena k referenční látce **1,4-DCB** nebo **2,4-D**

$$ETP_{i, ecomp} = \frac{\sum_{fcomp} F_{i, ecomp, fcomp} * E_{i, fcomp}}{\sum_{fcomp} F_{DCB, ecomp, fcomp} * E_{DCB, fcomp}}$$

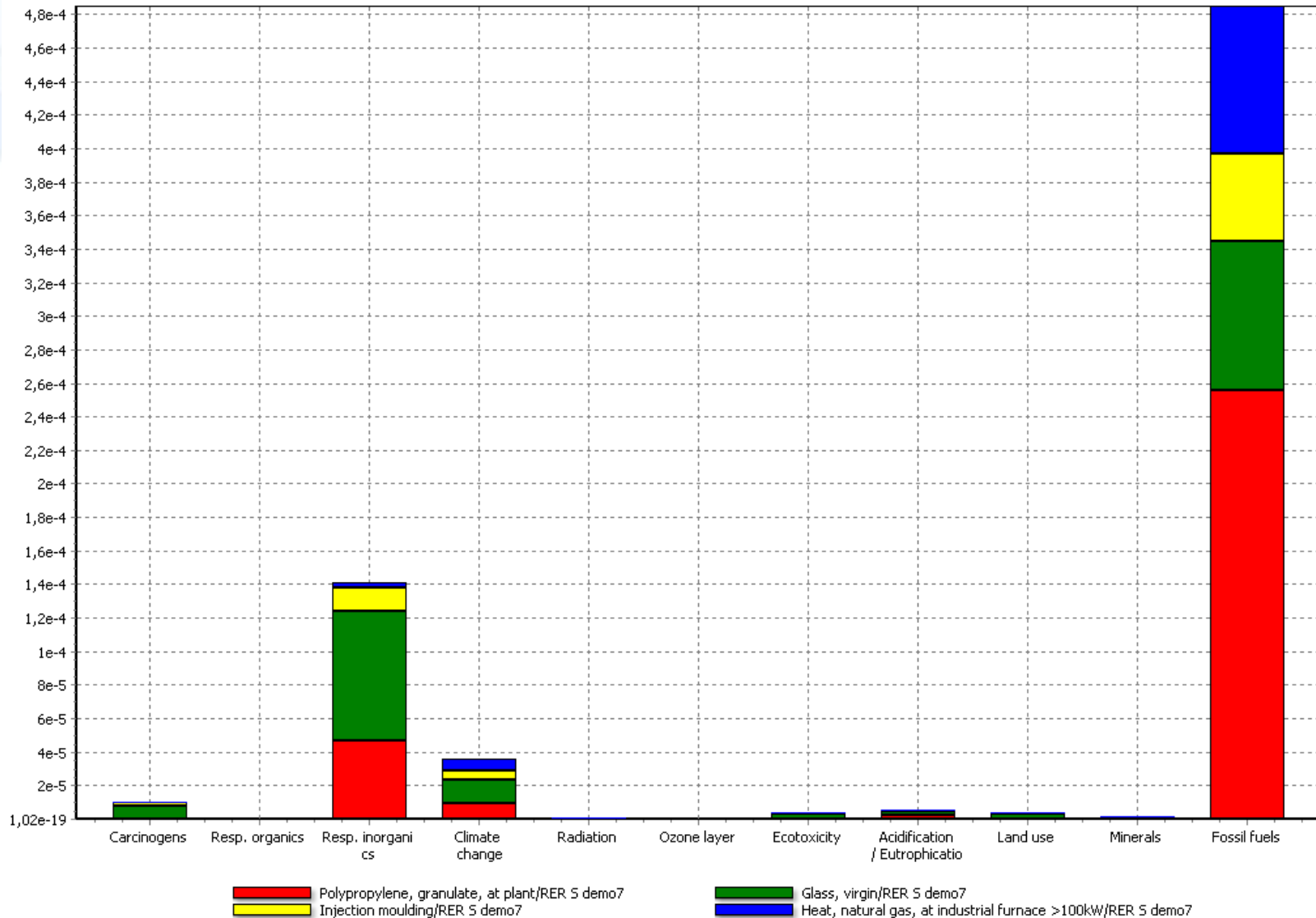
- na úrovni **endopointu** – podíl ovlivněných druhů *PAF*  
(*potentially affected fraction*)

$$PAF = \frac{\text{podíl druhů pod toxickým stresem}}{\text{počet všech druhů v oblasti}} \quad \text{jednotka: } PAF * m^2 * \text{rok}$$

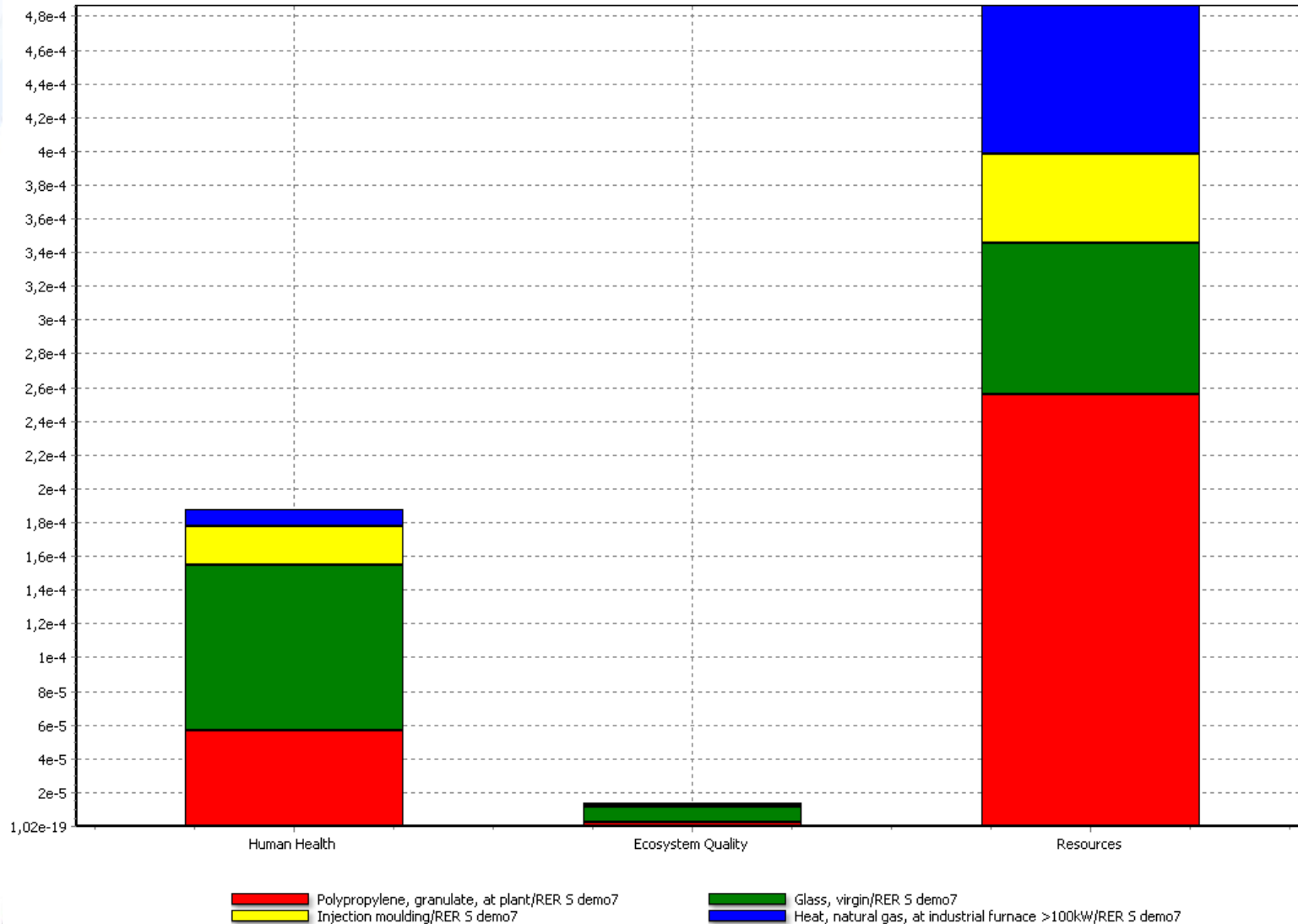
- toxickým stresem se rozumí život pod exponovanou látkou jejíž množství odpovídá či překračuje hodnotu NOEC
- *PAF* vyjadřuje efekt spíše na nižší vodní a půdní organizmy (korýši, atd.)



# Modelace *ET* metodikou Eco-Indicator 99 - midpointy



# Modelace *ET* metodikou Eco-Indicator 99 - endpointy





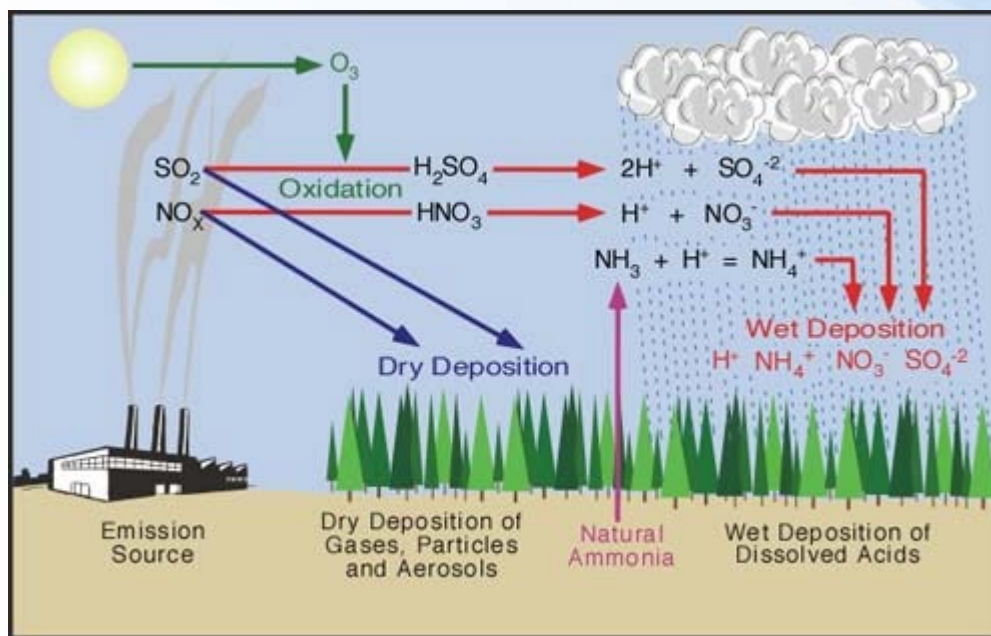
## V. Acidifikace (*A – acidification*)

- proces **okyselování** půdního či vodního prostředí  $\uparrow$  c  $\text{H}_3\text{O}^+$
- díky emisím kyselinotvorných látek do ovzduší, vody, půdy
- přirozené pH srážek = 5,6 – **proč?**
- jaké emise nejvýrazněji přispívají acidifikaci?



# V. Acidifikace (A – acidification)

- proces **okyselování** půdního či vodního prostředí  $\uparrow$  c  $\text{H}_3\text{O}^+$
- díky emisím kyselinotvorných látek do ovzduší, vody, půdy
- přirozené pH srážek = 5,6 – **proč?**
- jaké emise nejvýrazněji přispívají acidifikaci?



# Zdroje acidifikujících emisí

- $\text{SO}_2$  ?
- $\text{NO}_x$  ?
- kyseliny  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- $\text{NH}_3$  ?



# Zdroje acidifikujících emisí

- $\text{SO}_2$  – spalováním fosilních paliv (hnědé uhlí)

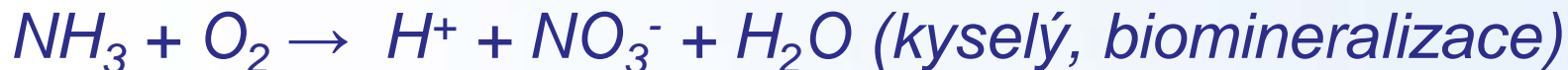


- $\text{NO}_x$  – emise z dopravy



- kyseliny  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$

- $\text{NH}_3$  – chov hospodářských zvířat



- zdroje možno vyhledat v [Integrovaném registru znečištění](#)



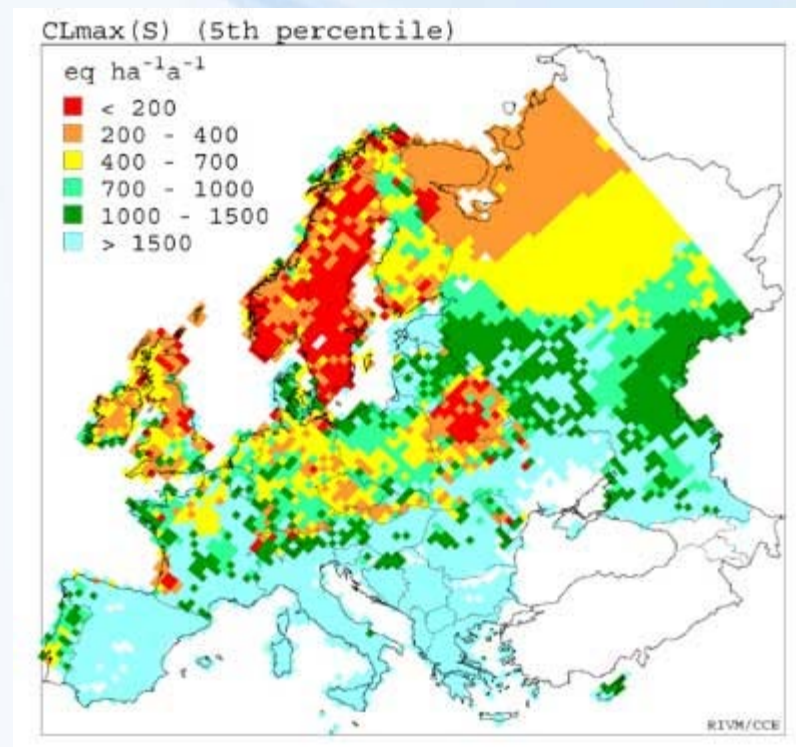
# Citlivost lokalit k acidifikaci

## Půda

- významný vliv má typ **podloží** – žula x vápenec
- ↑ bazických kationtů ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) = ↑ odolnost
- popisováno **tolerovatelnou depozicí  $\text{H}_3\text{O}^+$**
- jehličnaté lesy ↑ acidifikaci
- listnaté ↓ acidifikaci
- odebírání biomasy ↑

## Voda

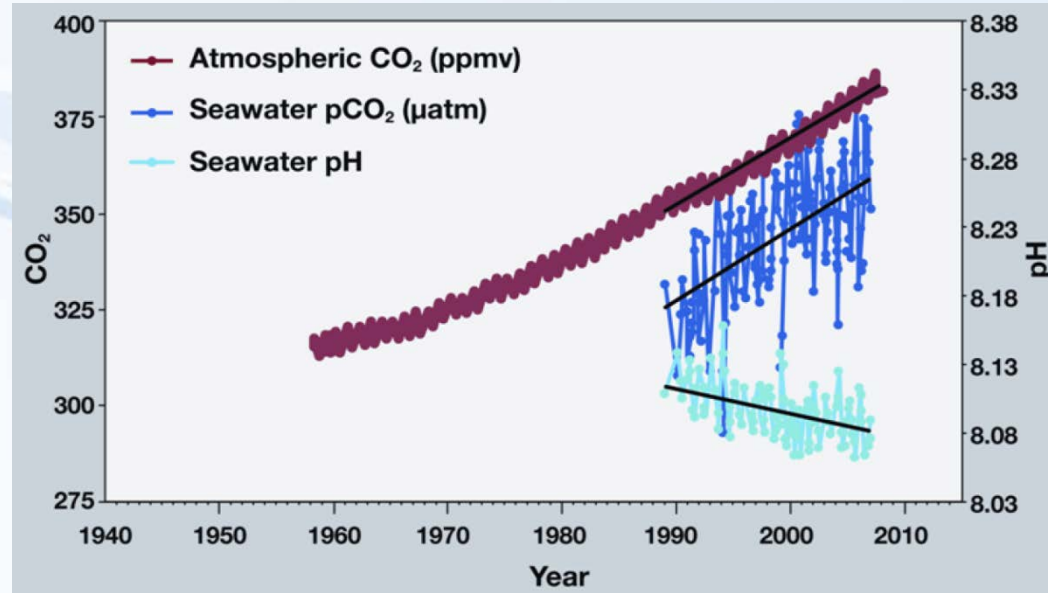
- analogicky k půdám
- k acidif. citlivější horské oblasti, kde je méně  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  a větší výskyt jehličnatých lesů





# Acidifikace oceánů

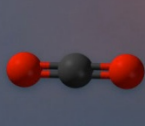
- čím je způsobená?



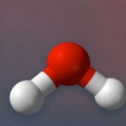
## OCEAN ACIDIFICATION

HOW WILL CHANGES IN OCEAN CHEMISTRY AFFECT MARINE LIFE?

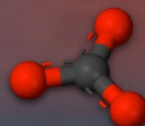
CO<sub>2</sub> absorbed from the atmosphere



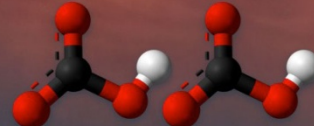
carbon dioxide



water



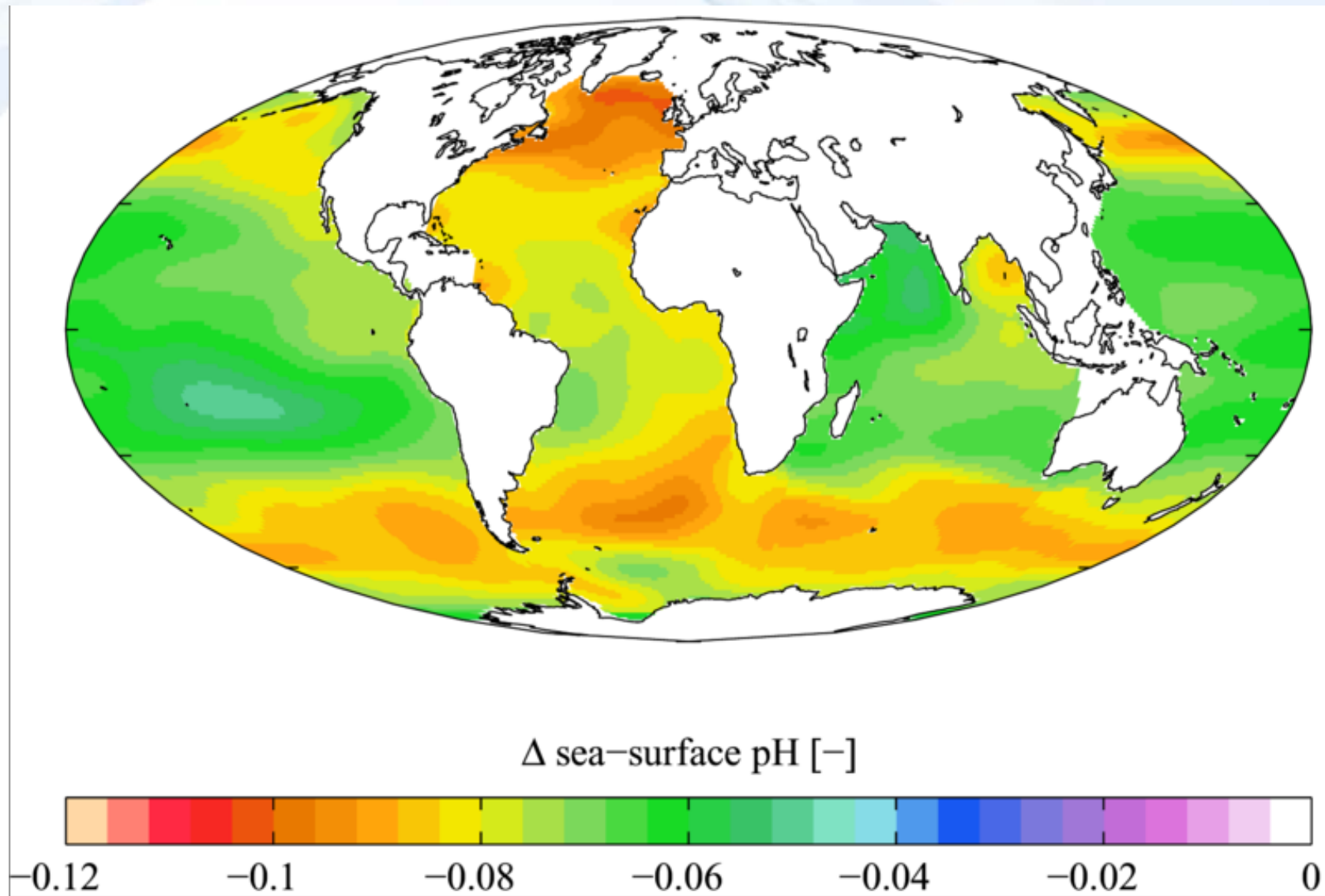
carbonate ion



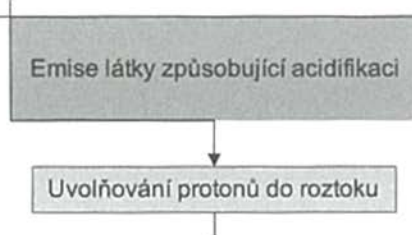
2 bicarbonate ions

consumption of carbonate ions impedes calcification

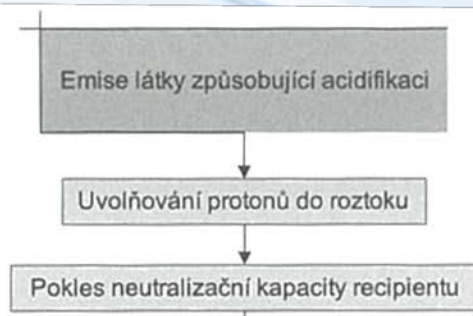
# Změna pH oceánů 1700-2000



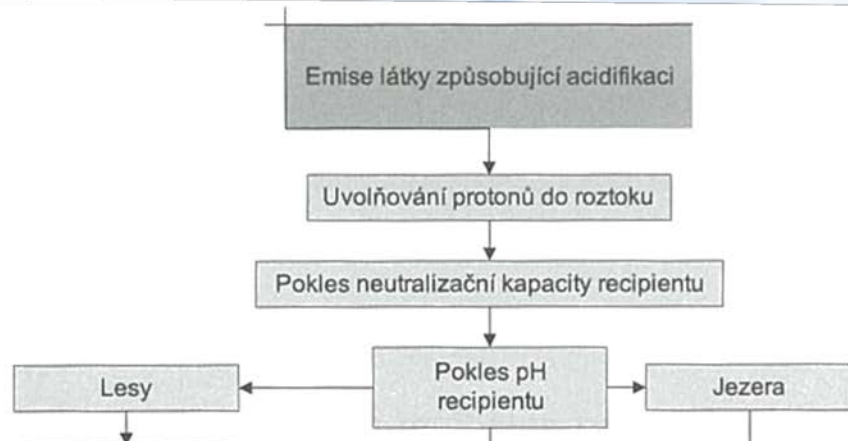
## Část dopad. řetězce emisí acidifikujících látek



## Část dopad. řetězce emisí acidifikujících látek

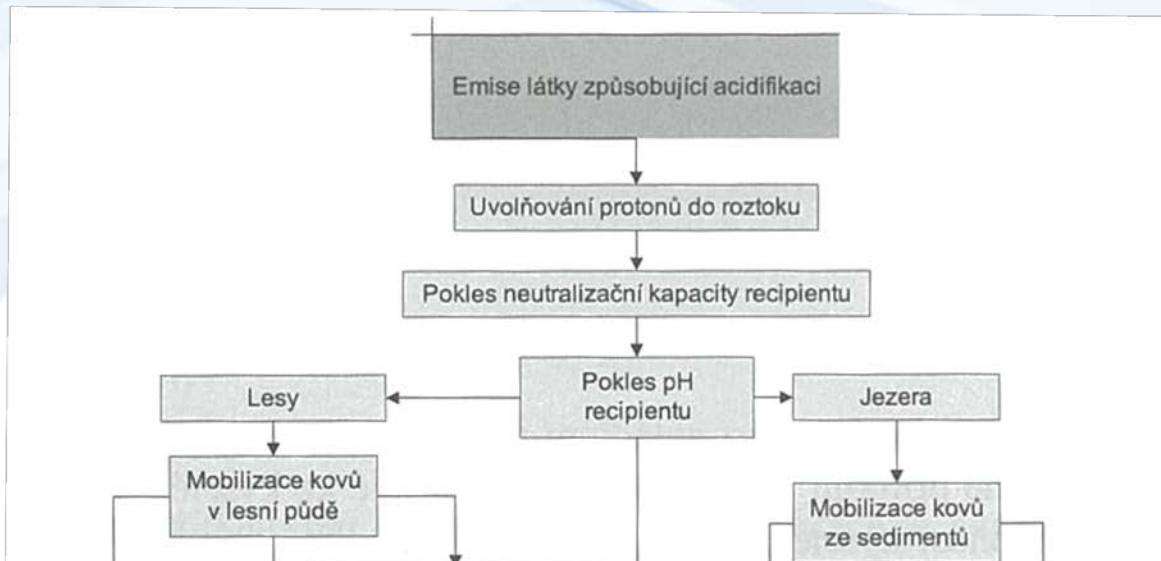


## Část dopad. řetězce emisí acidifikujících látek

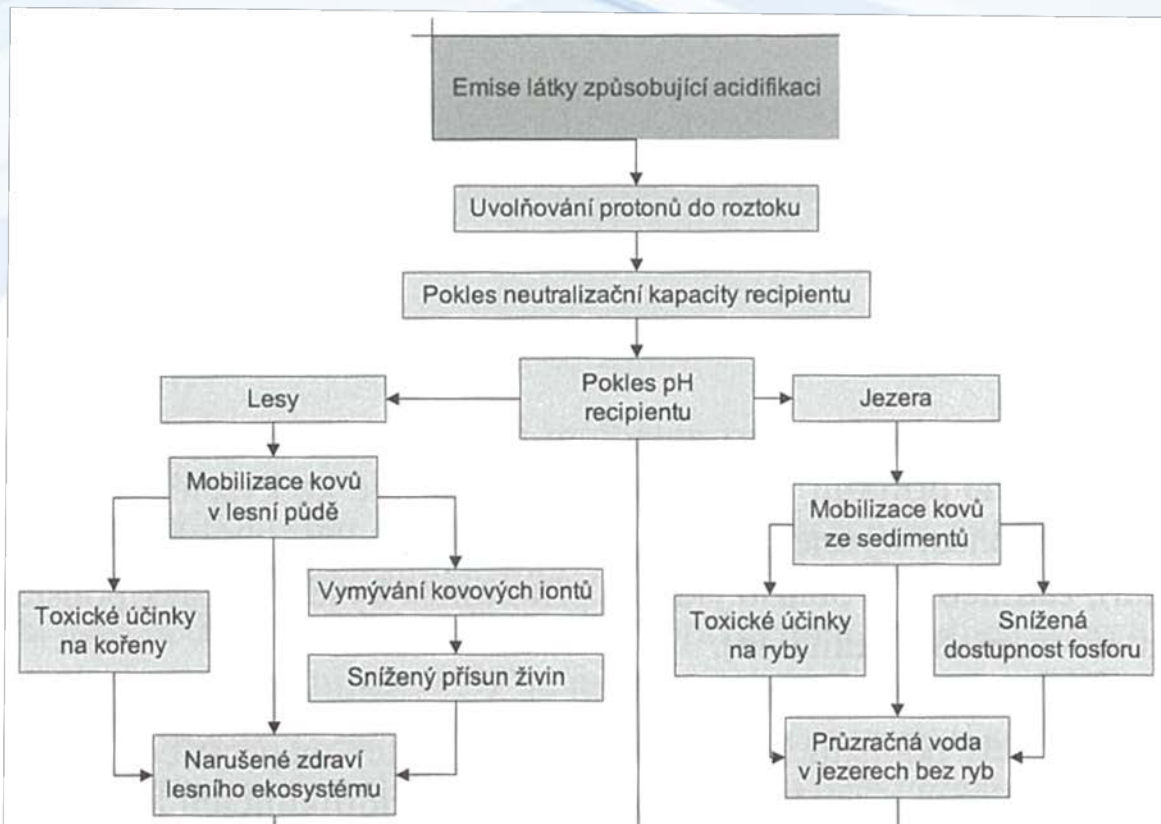




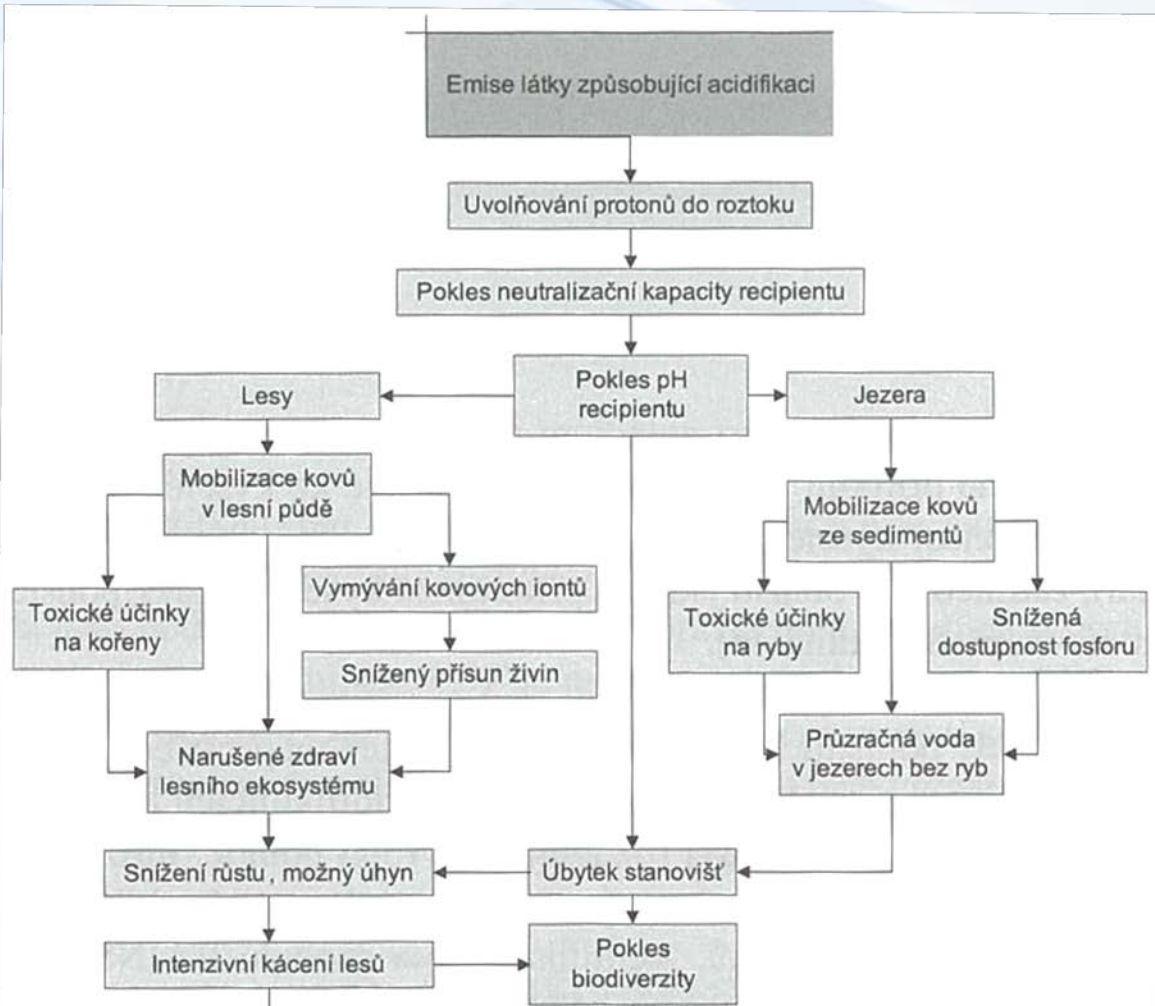
## Část dopad. řetězce emisí acidifikujících látek



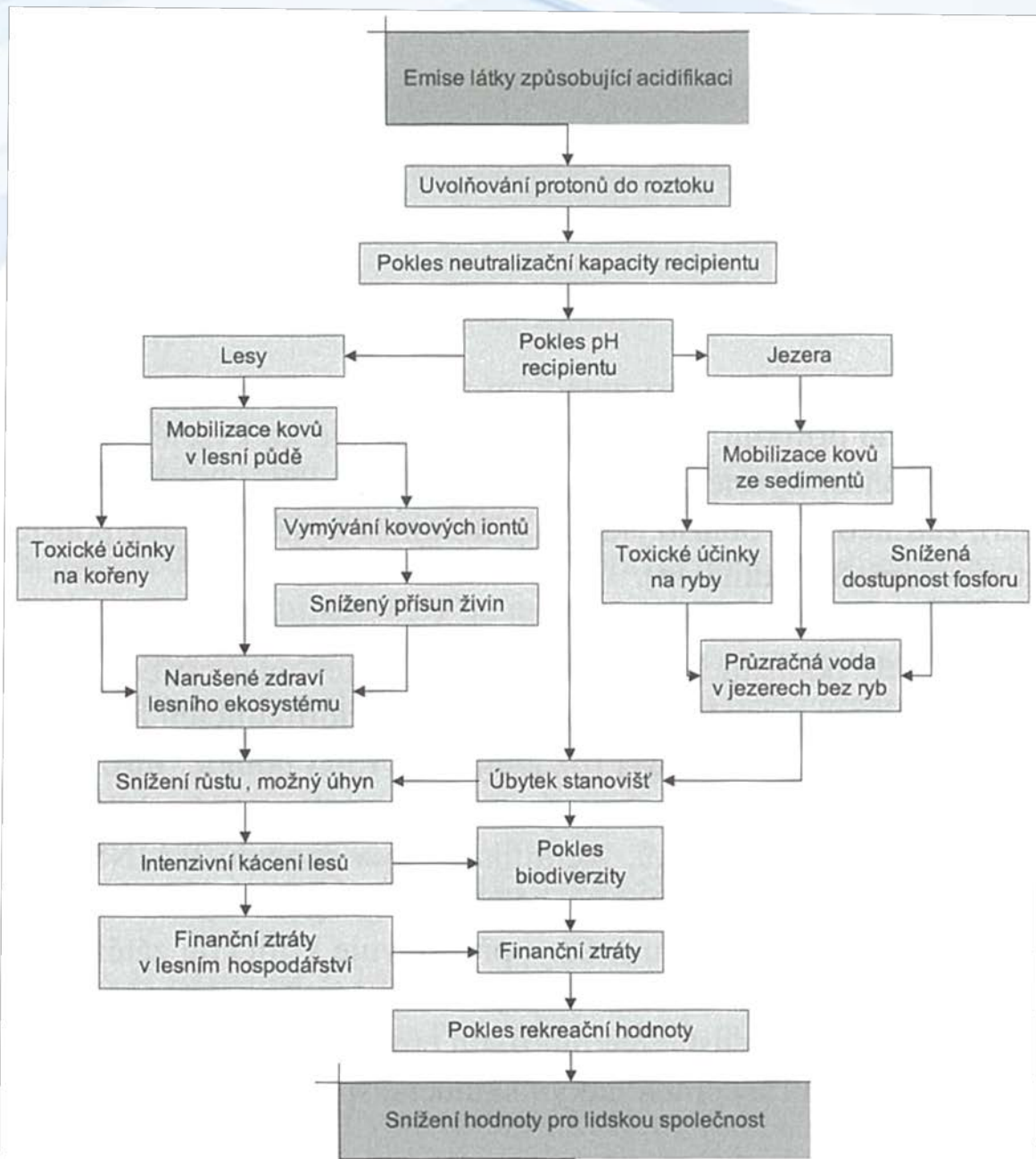
## Část dopad. řetězce emisí acidifikujících látek



# Část dopad. řetězce emisí acidifikujících látek



# Část dopad. řetězce emisí acidifikujících látek





*The skinny lake trout in the upper photo was captured in an acidified ELA lake at pH 5.1. It was slowly starving because most of its food had disappeared from the lake. When the lake was permitted to recover from acidification, the trout were able to obtain food and their condition improved dramatically (lower photo).*



Les po imisní kalamitě  
Krušné hory





# Indikátory kategorie dopadu acidifikace

Midpointovým ind. je **acidifikační potenciál -  $AP$**

- určení počtu potenciálně uvolněných  $H_3O^+$  po úplné disociaci látky, vztaženo na  $M_W$  látky

$$AP_i = \frac{\eta_i}{\eta_{SO_2}} \quad \eta_i - \text{počet uvolněných protonů při disoc. 1kg látky (mol/kg)}$$

- nevýhodou  $AP_i$  je, že nezohledňuje puf. kapacitu prostředí
- pokročilejší metodiky již zohledňují vlastnosti prostředí, pak se hodnotí překročení kritické zátěže v obl. (metoda **RAINS**)

Endpointovým ind. je **podíl chybějících druhů v oblasti -  $PDF$**

- podíl druhů, jež se s  $\uparrow$  pravděp. v okyselené lokalitě nevysk.  
 **$PDF = 1 - POO$**  (POO – Probability of occurrence) – pro cévnaté rostl.

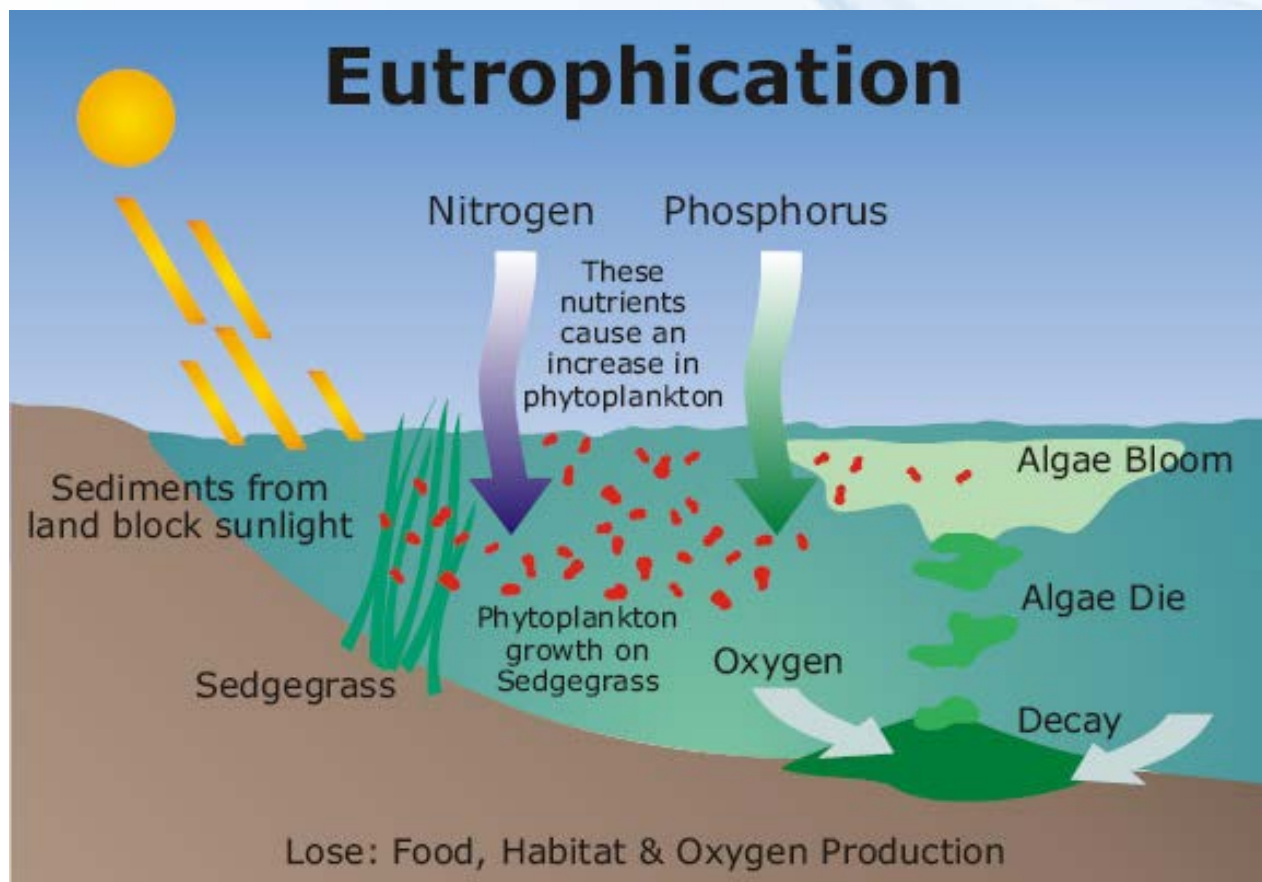


## Existing Characterisation Factors of Ecotoxic substances air emissions impact on PDF

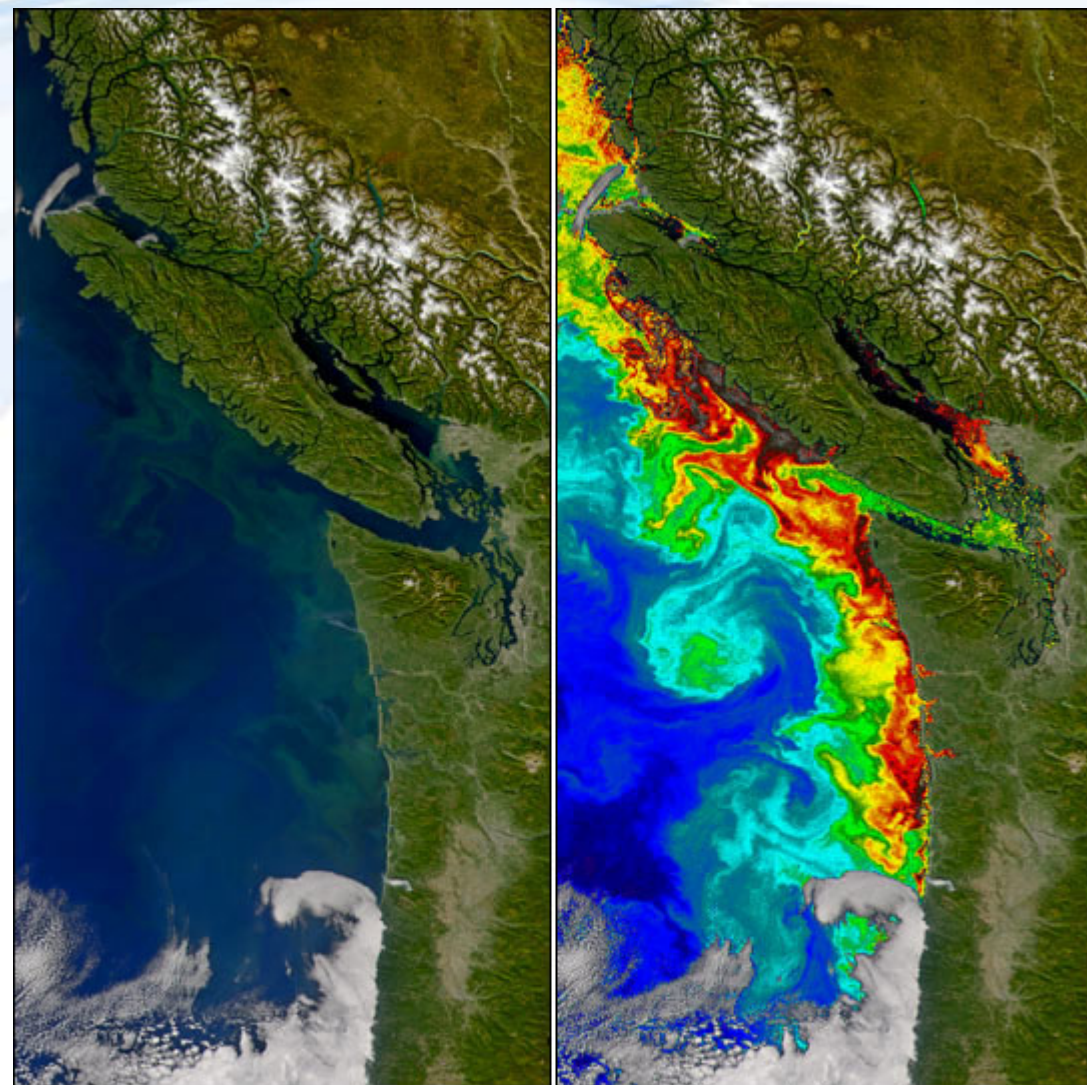
| Characterisation Parameter | Category Indicator | Impact Indication Principle        | Aspect  | Substance                 | Quantity | Unit         | Notes |
|----------------------------|--------------------|------------------------------------|---|---------------------------|----------|--------------|-------|
| CFactor                    | PDF                | <a href="#">ECO-indicator/1999</a> | Type = Emission<br>Direction = Output<br>Media = Air<br>Geography = * | Malathion                 | 2.28E-02 | PDF m2 yr/kg |       |
| CFactor                    | PDF                | <a href="#">ECO-indicator/1999</a> | Type = Emission<br>Direction = Output<br>Media = Air<br>Geography = * | Zinc                      | 5.63E-01 | PDF m2 yr/kg |       |
| CFactor                    | PDF                | <a href="#">ECO-indicator/1999</a> | Type = Emission<br>Direction = Output<br>Media = Air<br>Geography = * | Di(2-ethylhexyl)phthalate | 3.78E-07 | PDF m2 yr/kg |       |
| CFactor                    | PDF                | <a href="#">ECO-indicator/1999</a> | Type = Emission<br>Direction = Output<br>Media = Air<br>Geography = * | Carbendazim               | 4.68E-01 | PDF m2 yr/kg |       |
| CFactor                    | PDF                | <a href="#">ECO-indicator/1999</a> | Type = Emission<br>Direction = Output<br>Media = Air<br>Geography = * | Benzo(a)pyrene            | 2.77E-02 | PDF m2 yr/kg |       |
| CFactor                    | PDF                | <a href="#">ECO-indicator/1999</a> | Type = Emission<br>Direction = Output<br>Media = Air<br>Geography = * | Bentazon                  | 1.43E-03 | PDF m2 yr/kg |       |
| CFactor                    | PDF                | <a href="#">ECO-indicator/1999</a> | Type = Emission<br>Direction = Output<br>Media = Air<br>Geography = * | Azinphos-methyl           | 2.14E-00 | PDF m2 yr/kg |       |
| CFactor                    | PDF                | <a href="#">ECO-indicator/1999</a> | Type = Emission<br>Direction = Output<br>Media = Air<br>Geography = * | 1,3,5-trichlorobenzene    | 2.51E-05 | PDF m2 yr/kg |       |
| CFactor                    | PDF                | <a href="#">ECO-indicator/1999</a> | Type = Emission<br>Direction = Output<br>Media = Air<br>Geography = * | 1,2,4-trichlorobenzene    | 4.95E-06 | PDF m2 yr/kg |       |
| CFactor                    | PDF                | <a href="#">ECO-indicator/1999</a> | Type = Emission<br>Direction = Output<br>Media = Air<br>Geography = * | 1,2,3-trichlorobenzene    | 6.84E-06 | PDF m2 yr/kg |       |
| CFactor                    | PDF                | <a href="#">ECO-indicator/1999</a> | Type = Emission<br>Direction = Output<br>Media = Air<br>Geography = * | Diquat-dibromide          | 4.66E-01 | PDF m2 yr/kg |       |
| CFactor                    | PDF                | <a href="#">ECO-indicator/1999</a> | Type = Emission<br>Direction = Output<br>Media = Air<br>Geography = * | Thiram                    | 4.41E-02 | PDF m2 yr/kg |       |
| CFactor                    | PDF                | <a href="#">ECO-indicator/1999</a> | Type = Emission<br>Direction = Output<br>Media = Air                  | Diuron                    | 8.64E-01 | PDF m2 yr/kg |       |

# VI. Eutrofizace (*Eutrophication – E*)

- obohacování vod o živiny s negativními důsledky pro ekos.
- limitující živiny – nejčastěji **N** a **P**

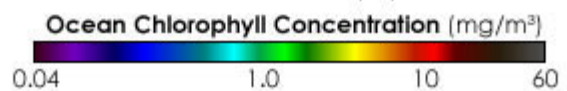






Natural Color

Chlorophyll Concentrations



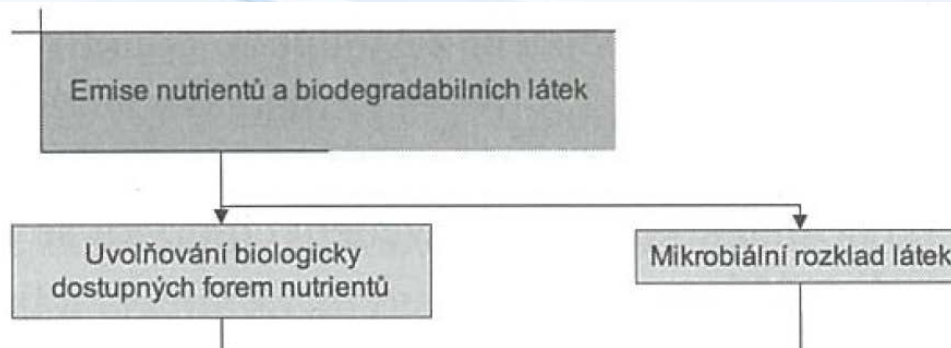
Ocean Chlorophyll Concentration (mg/m<sup>3</sup>)

0.04 1.0 10 60



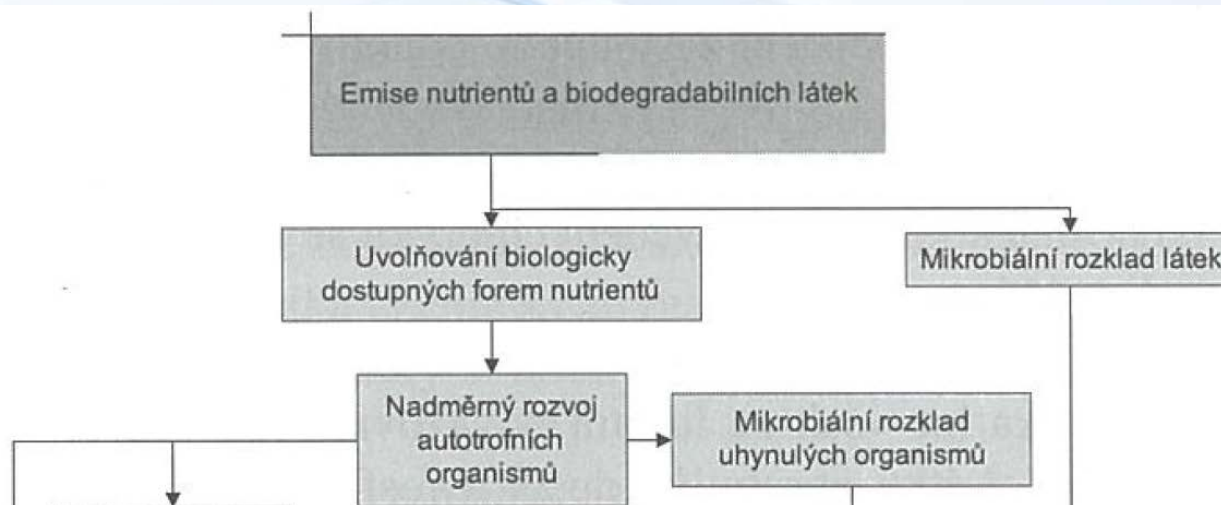
Centrum pro výzkum  
toxických látek  
v prostředí

## Část dopadového řetězce emisí eutrofizujících látek

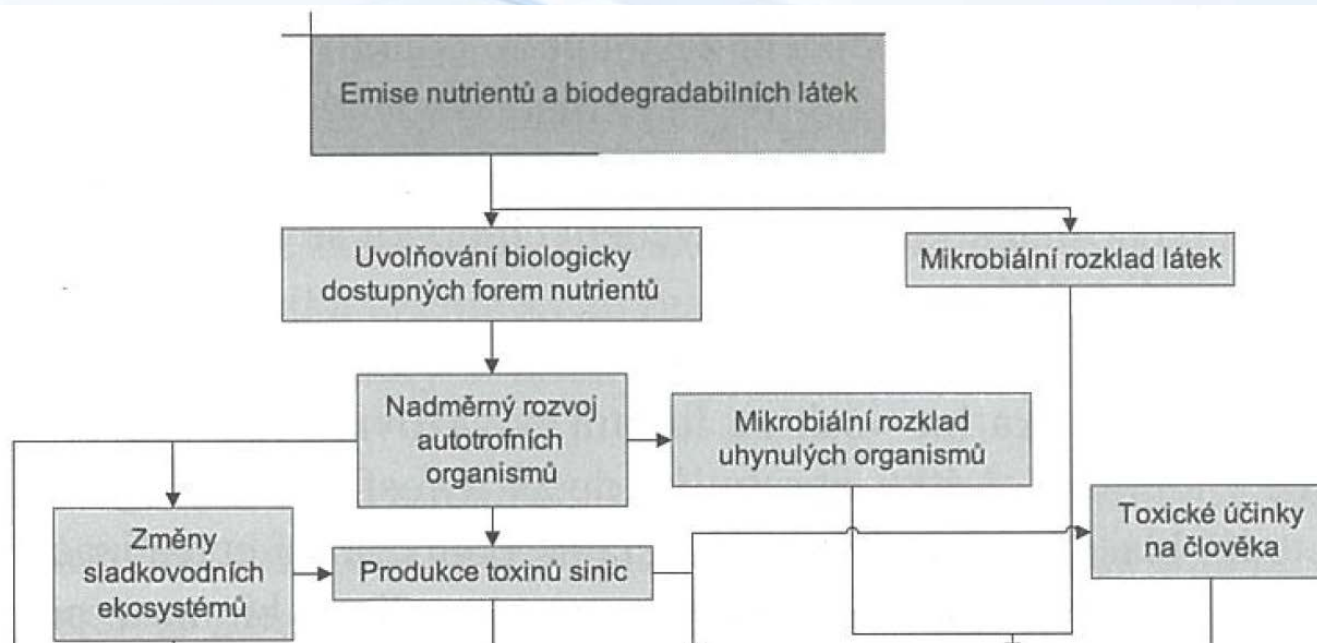




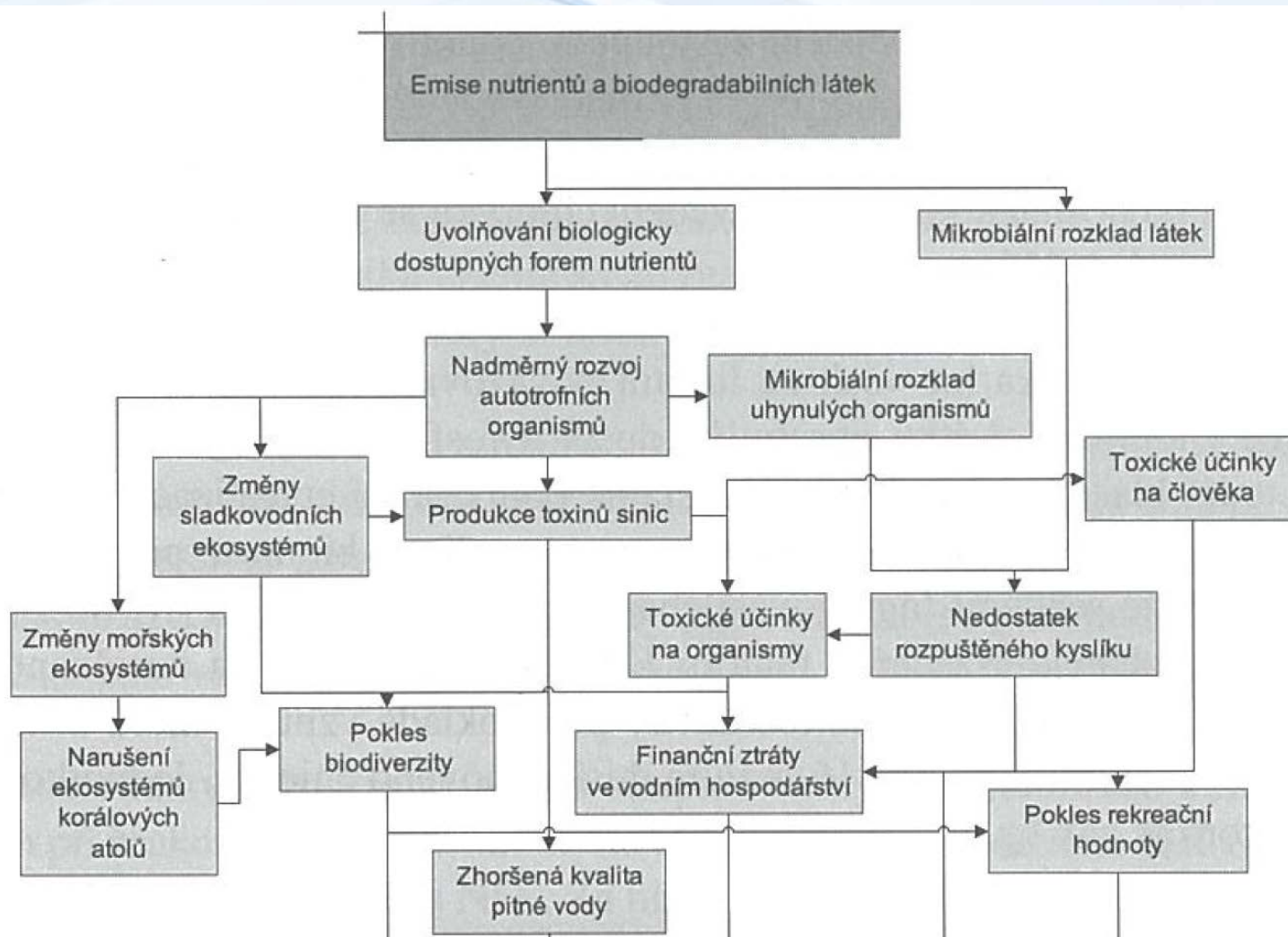
## Část dopadového řetězce emisí eutrofizujících látek



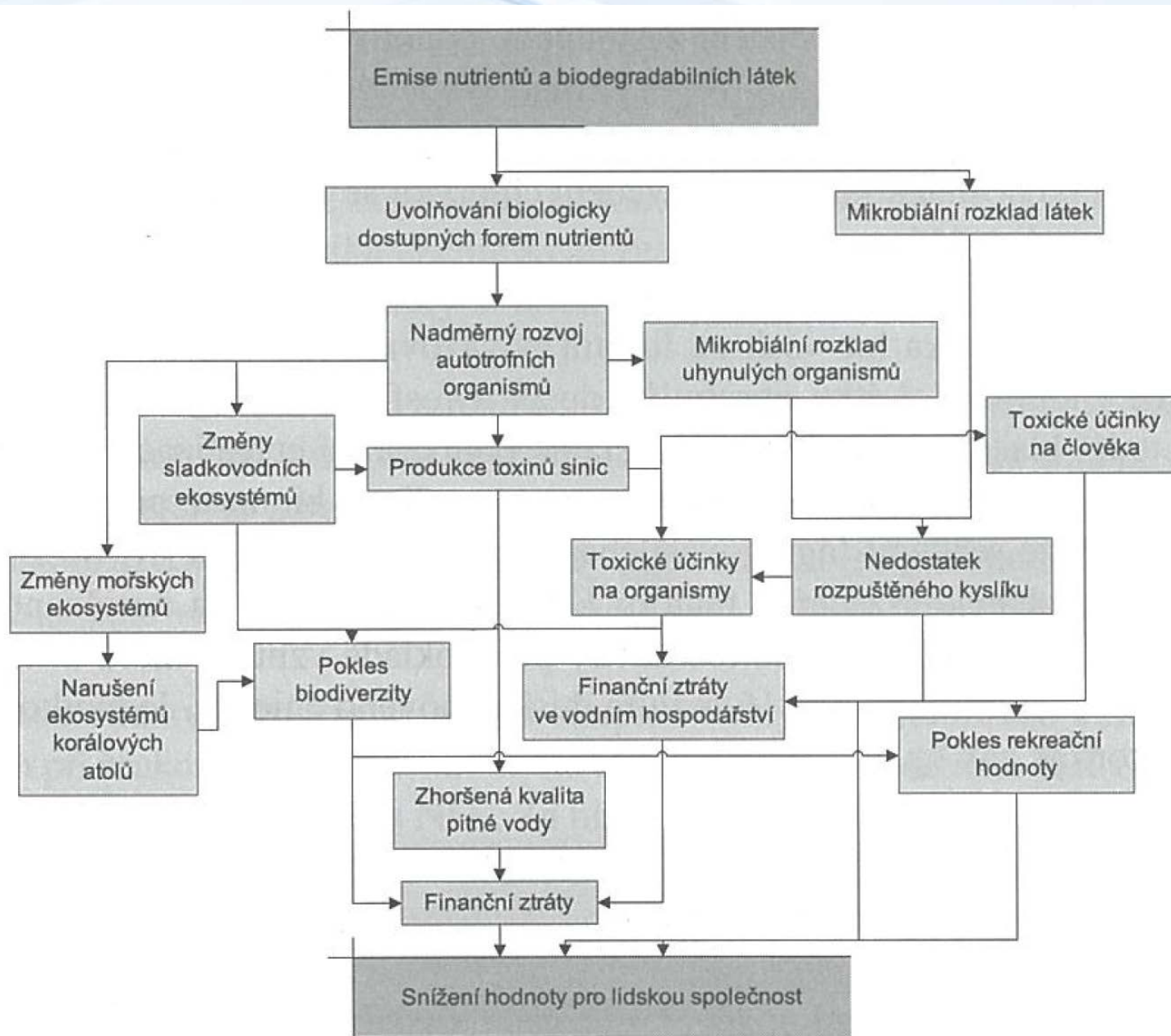
## Část dopadového řetězce emisí eutrofizujících látek



## Část dopadového řetězce emisí eutrofizujících látek



## Část dopadového řetězce emisí eutrofizujících látek



## Environmental Costs of Freshwater Eutrophication in England and Wales

Jules N. Pretty,<sup>\*†</sup> Christopher F. Mason,<sup>‡</sup> David B. Nedwell,<sup>‡</sup> Rachel E. Hine,<sup>‡</sup> Simon Leaf,<sup>§</sup> and Rachael Dils<sup>§</sup>

Centre for Environment and Society and Department of Biological Sciences, University of Essex, Colchester CO4 3SQ, U.K., and the Environment Agency, Wallingford, Evenlode House, Howberry Park, Wallingford, OX10 8BD, U.K.

*Environ. Sci. Technol.*, **2003**, *37* (2), pp 201-208

DOI: 10.1021/es020793k

Publication Date (Web): November 28, 2002

Copyright © 2003 American Chemical Society

ACS Section: [Water](#)

 PDF [76 kB]

[Abstract](#)

 PDF w/ Links [84 kB]

[Reference QuickView](#)

 Full Text HTML

[Citing Articles](#)

 Add to ACS ChemWorx

### Abstract

Eutrophication has many known consequences, but there are few data on the environmental and health costs. We developed a new framework of cost categories that assess both social and ecological damage costs and policy response costs. These findings indicate the severe effects of nutrient enrichment and eutrophication on many sectors of the economy. We estimate the damage costs of freshwater eutrophication in England and Wales to be \$105–160 million yr<sup>-1</sup> (£75.0–114.3 m). The policy response costs are a measure of how much is being spent to address this damage, and these amount to \$77 million yr<sup>-1</sup> (£54.8 m). The damage costs are dominated by seven items each with costs of \$15 million yr<sup>-1</sup> or more: reduced value of waterfront dwellings, drinking water treatment costs for nitrogen removal, reduced recreational and amenity value of water bodies, drinking water treatment costs for removal of algal toxins and decomposition products, reduced value of nonpolluted atmosphere, negative ecological effects on biota, and net economic losses from the tourist industry. In common with other environmental problems, it would represent net value (or cost reduction) if damage was prevented at source. A variety of effective economic, regulatory, and administrative policy instruments are available for internalizing these costs.





## Indikátory kategorie dopadu eutrofizace

- midpointový ind. kat. dop. – ekv. množství biodostupného P nebo **N**, či úbytek **O<sub>2</sub>** v důsledku nadměrné mikrob. činnosti
- eutrofizační potenciál **EP** vyjadřuje, jaké množství **P** či **N** se z emitované látky může do prostředí uvolnit (a eutrofizovat)

$$EP_i(P) = \frac{\pi * 30,97}{M_i}$$

$\pi$  – počet atomů P v molekule  $i$

$$EP_i(N) = \frac{\nu * 14,01}{M_i}$$

$\nu$  – počet atomů N v molekule  $i$

# Indikátory kategorie dopadu eutrofizace

- midpointový ind. kat. dop. – ekv. množství biodostupného P nebo **N**, či úbytek **O<sub>2</sub>** v důsledku nadměrné mikrob. činnosti
- eutrofizační potenciál **EP** vyjadřuje, jaké množství **P** či **N** se z emitované látky může do prostředí uvolnit (a eutrofizovat)

$$EP_i(P) = \frac{\pi * 30,97}{M_i}$$

$$EP_i(N) = \frac{\nu * 14,01}{M_i}$$

$\pi$  – počet atomů P v molekule  $i$

$\nu$  – počet atomů N v molekule  $i$

- charakteriz. faktory **EP(P)** a **EP(N)** lze **seskupit do jednoho** přepočtem na fosforečnanový nebo dusičnanový aniont:

$$EP_i(PO_4^{3-}) = \frac{(\frac{\nu_i + \pi_i}{16}) * MPO_4^{3-}}{M_i}$$

$$EP_i(NO_3^-) = \frac{(\nu_i + 16\pi_i) * MNO_3^-}{M_i} \quad [\text{kg NO}_3^- \text{ ekv/kg}]$$

- za předpokladu konstant. poměru N/P v rostl. biomase = 16/1



- endpointový ind. – úbytek počtu druhů v lokalitě **PDF**

## VII. Úbytek surovin

- spotřeba **neobnovitelných** surovin = znemožnění spotřeby v budoucnosti

**příklad?**

- spotřeba **obnovitelných** surovin = při nadměrné spotřebě vyčerpávána obnovitelná kapacita přírody = snížení dostupnosti suroviny a narušování/destrukce ekosystémů

- abiotické x biotické - **příklad?**

- získávání a spotřeba surovin
  - často **další env. dopady**
  - ty jsou ale samostatnými kat. dopadu

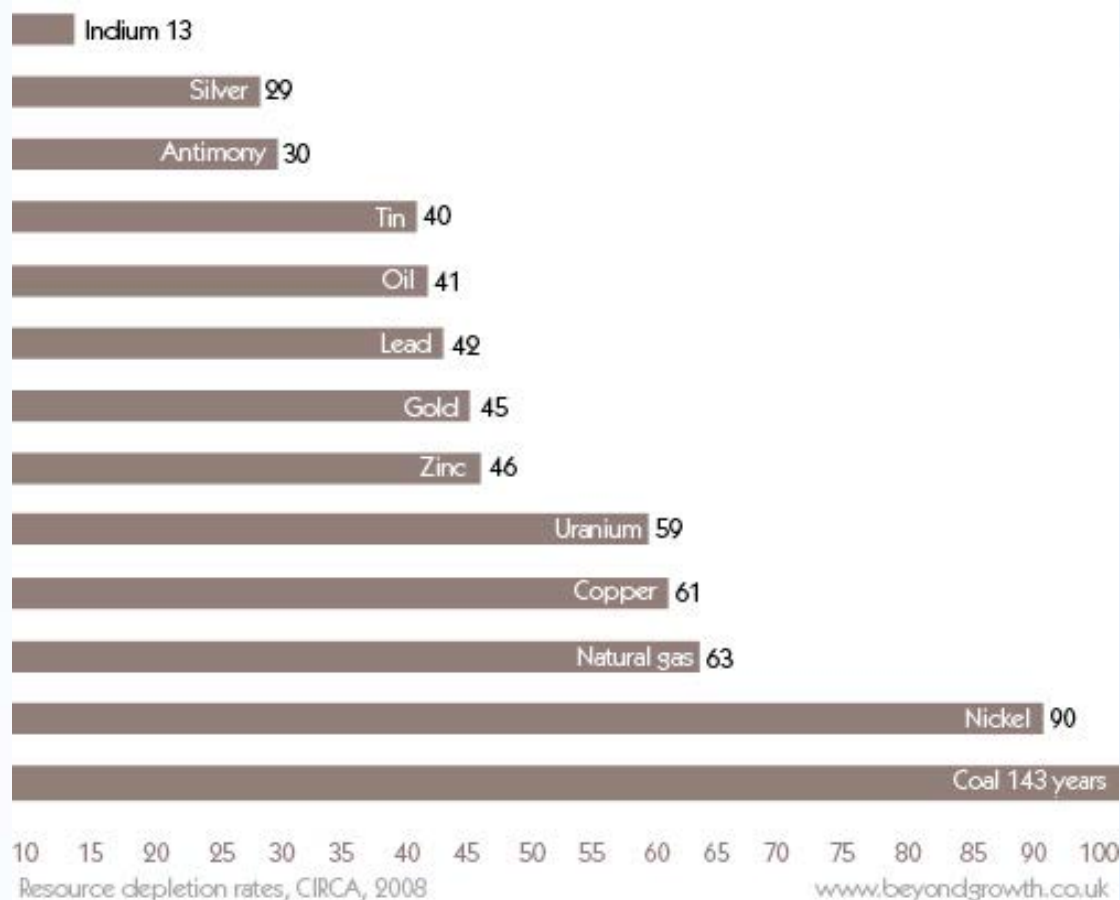


# Předpokládané zásoby neobn. surovin

- nutno zvažovat ekonomickou stránku zisku surovin

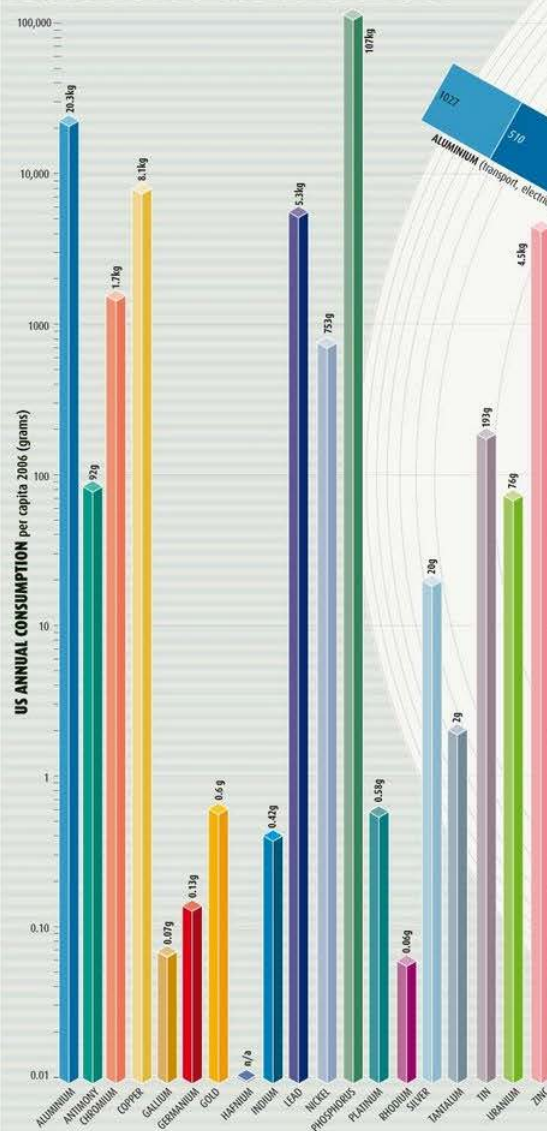
## Spotřebu určuje:

- zásoba
- dostupnost
- rychlost spotřeby
- rychlost obnovy





# HOW LONG WILL IT LAST?



**IF DEMAND GROWS...**  
 Some key resources will be exhausted more quickly if predicted new technologies appear and the population grows

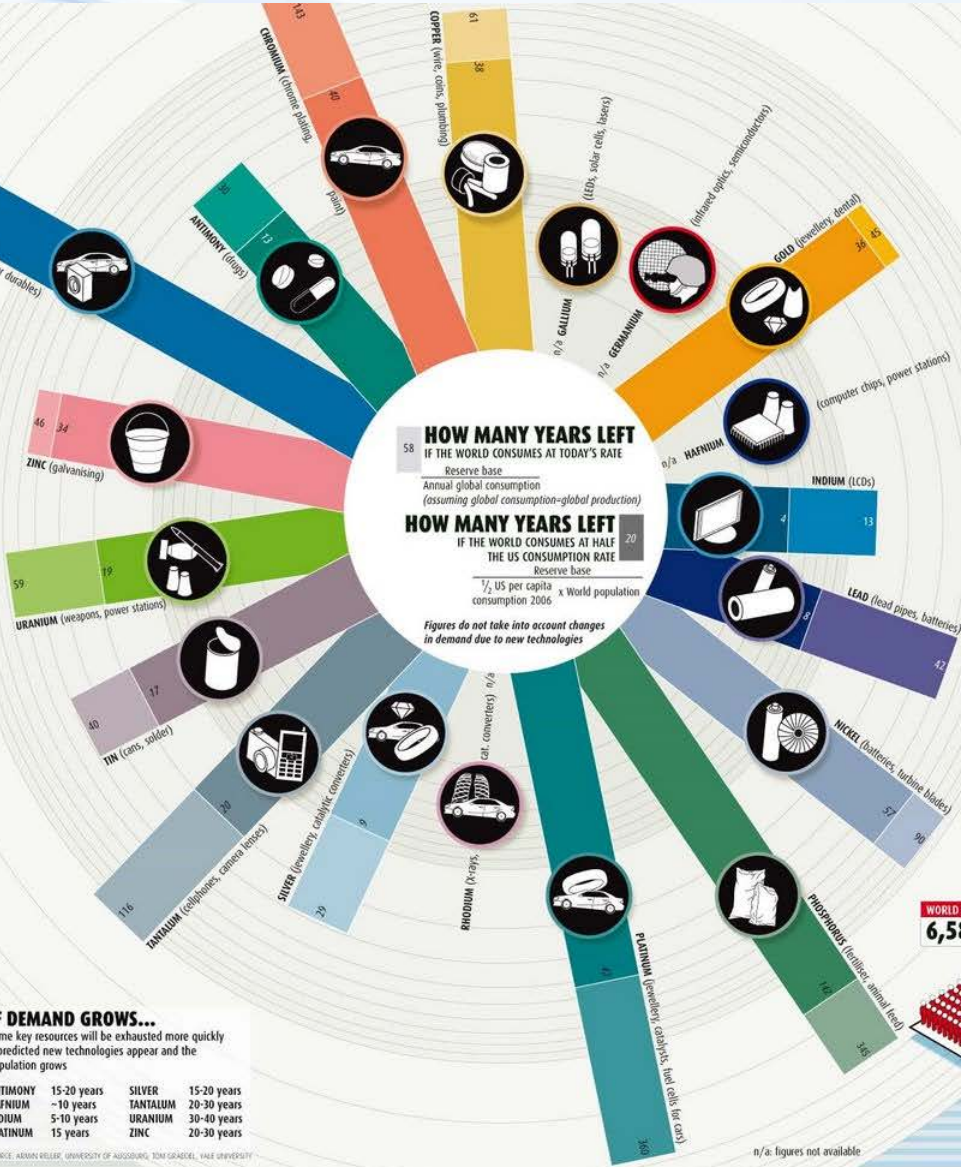
|          |             |          |             |
|----------|-------------|----------|-------------|
| ANTIMONY | 15-20 years | SILVER   | 15-20 years |
| HAFNIUM  | ~10 years   | TANTALUM | 20-30 years |
| INDIUM   | 5-10 years  | URANIUM  | 30-40 years |
| PLATINUM | 15 years    | ZINC     | 20-30 years |

SOURCE: HANAN KELLER, UNIVERSITY OF ABERDEEN; TOM GRADTEL, FAIR UNIVERSITY

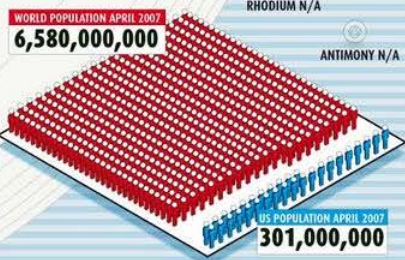
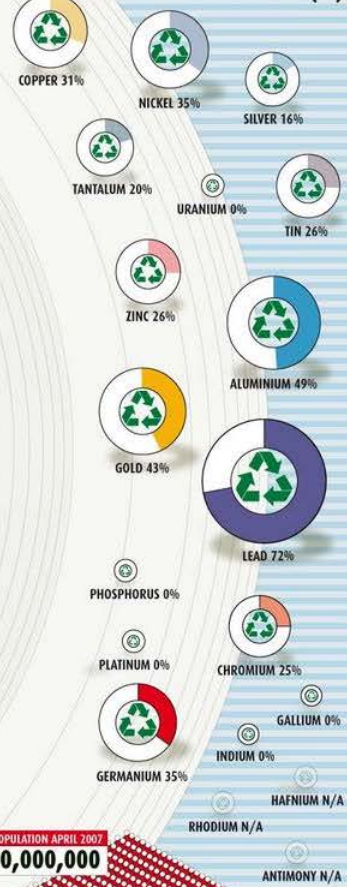
**HOW MANY YEARS LEFT IF THE WORLD CONSUMES AT TODAY'S RATE**  
 Reserve base  
 Annual global consumption (assuming global consumption=global production)

**HOW MANY YEARS LEFT IF THE WORLD CONSUMES AT HALF THE US CONSUMPTION RATE**  
 Reserve base  
 $\frac{1}{2}$  US per capita x World population consumption 2006

Figures do not take into account changes in demand due to new technologies



## PROPORTION OF CONSUMPTION MET BY RECYCLED MATERIALS (%)





# Důsledky úbytku surovin

- **nedostatek** v budoucnosti či větší **E náročnost** získávání
- omezená dostupnost povede ke zvýšenému **geopol. napětí**
- **env. důsledky** – poškození ekosystémů, vymírání druhů, ztráta estet. i kulturních hodnot krajiny atd.

# Indikátory kat. dopadu úbytek surovin

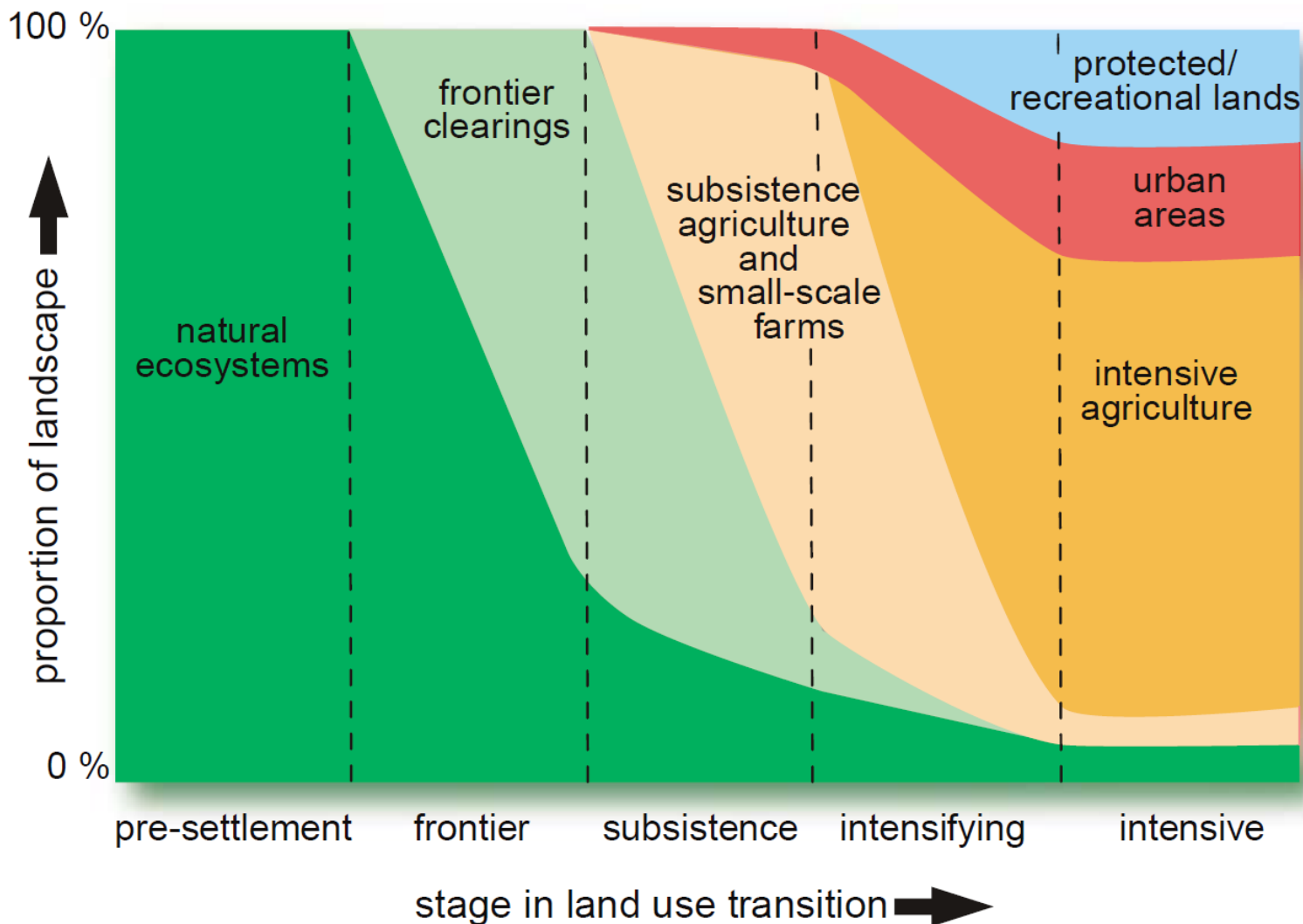
- midpointový ind. kat. d. – hmotnost dané či referenční surov.
- endpointový ind. kat. d. – množství E [MJ] či \$, která bude v budoucnosti k zisku suroviny potřebná **navíc** ve srovnání s dneškem
  - předpoklad – dnes se využívají suroviny snadněji E dostupné



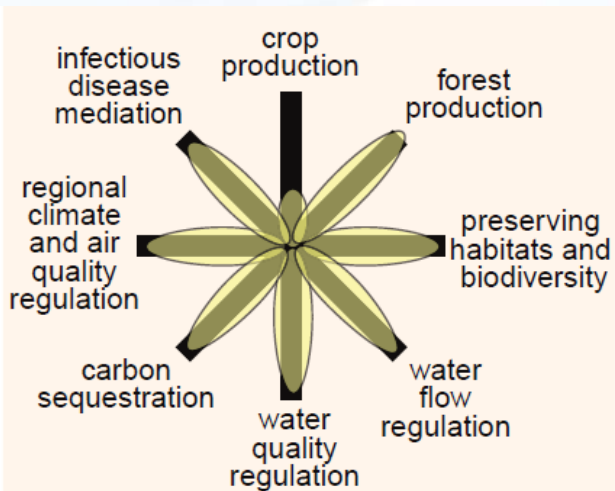
# VIII. Využívání krajiny (LU – Land use)



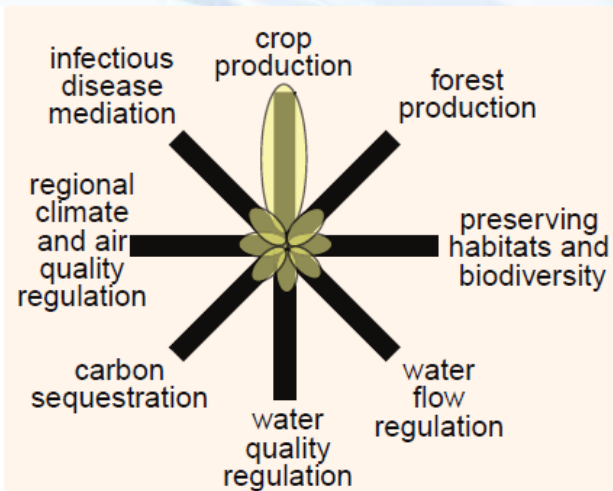
# Globální změny ve využívání krajiny



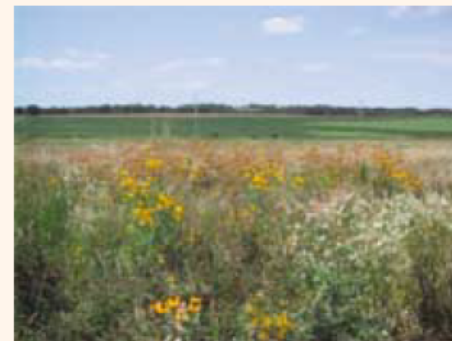
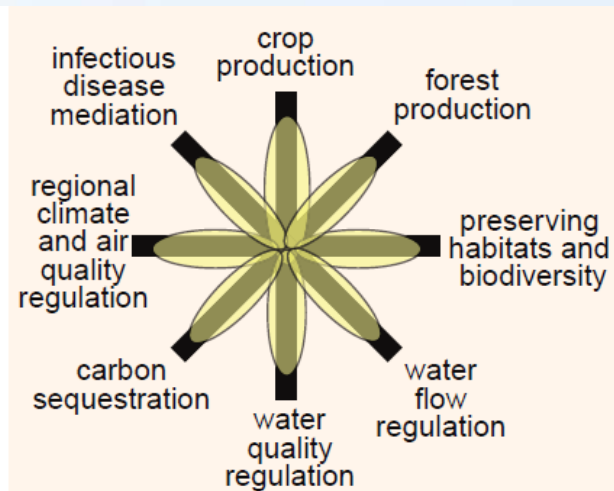
# Důsledky intenzivních změn



natural ecosystem



intensive cropland



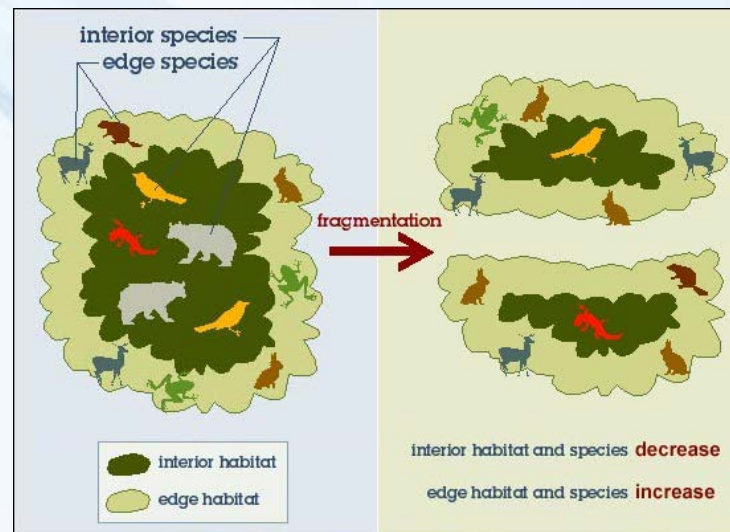
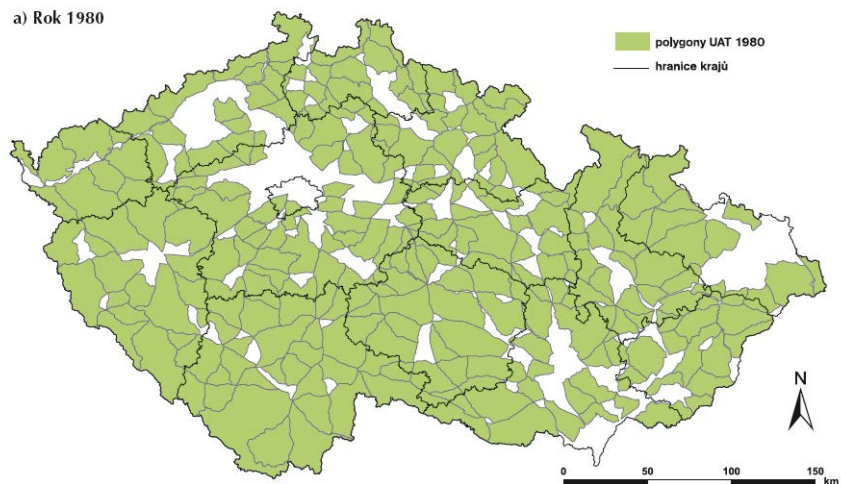
cropland with restored ecosystem services



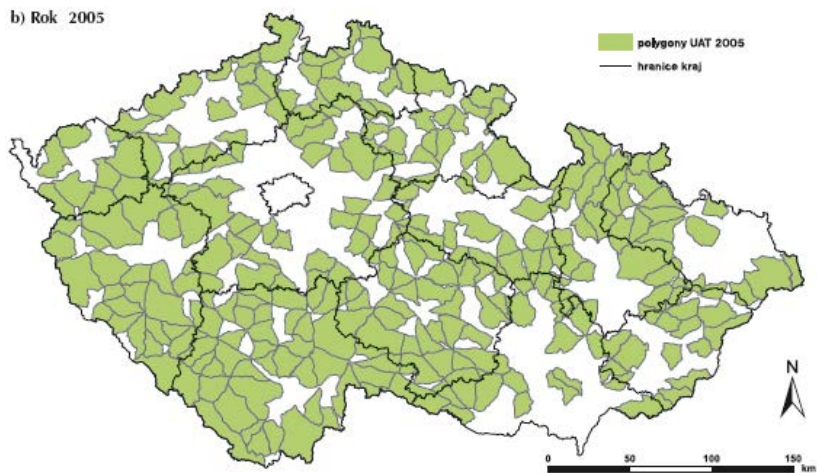


# Důsledky fragmentace krajiny

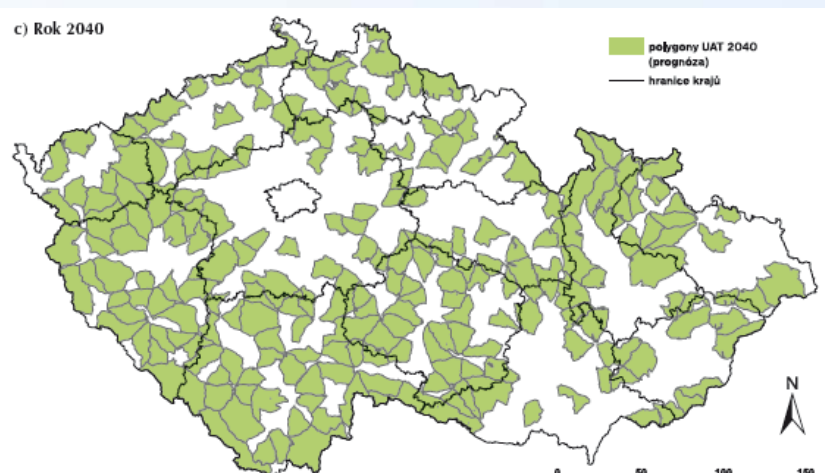
a) Rok 1980



b) Rok 2005



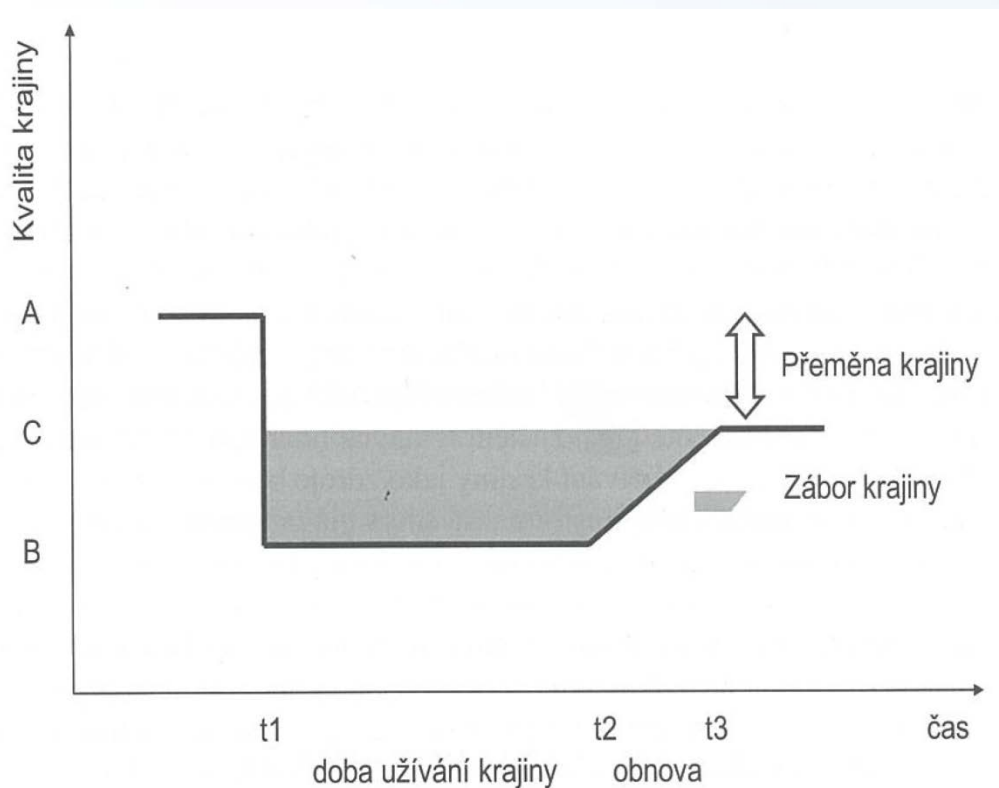
c) Rok 2040





# Typy zásahů do krajiny v LCIA

- přeměna krajiny – takové změny, které vedou ke změnám biodiverzity a změnám životadárných funkcí krajiny
- záběr krajiny – změny, jež mají za následek nemožnost krajinu využívat pro další lidské aktivity, a to v důsledku aktivity předešlé či trvající – **např?**



# Kat. dop. obsazení krajiny a biodiverzita

- **obsaz. kraj. a biodiv.** shrnují zmíněnou přeměnu a zábor

**Obsazení krajiny** - úbytek využitelné krajiny v prostoru a čase

- krajina je využívána a nemůže být užita k jiným účelům (jedná se tedy o zábor krajiny)
- **midpoint. ind. dop.** - **plocha \* doba** využívání [m<sup>2</sup>\*rok]

## **Biodiverzita**

- **midpoint. ind. dop.** je **počet rostlinných druhů na m<sup>2</sup>**

výsledek indikátoru při přeměně krajiny

výsledek indikátoru při záboru krajiny

$$V_{biodiv., přeměna kraj.} = A * \frac{\alpha_{zač} \alpha_{kon}}{\alpha_{ref}}$$

$$V_{biodiv., zábor kraj.} = A * t * \frac{\alpha_{ref} - \alpha_{akt}}{\alpha_{ref}}$$

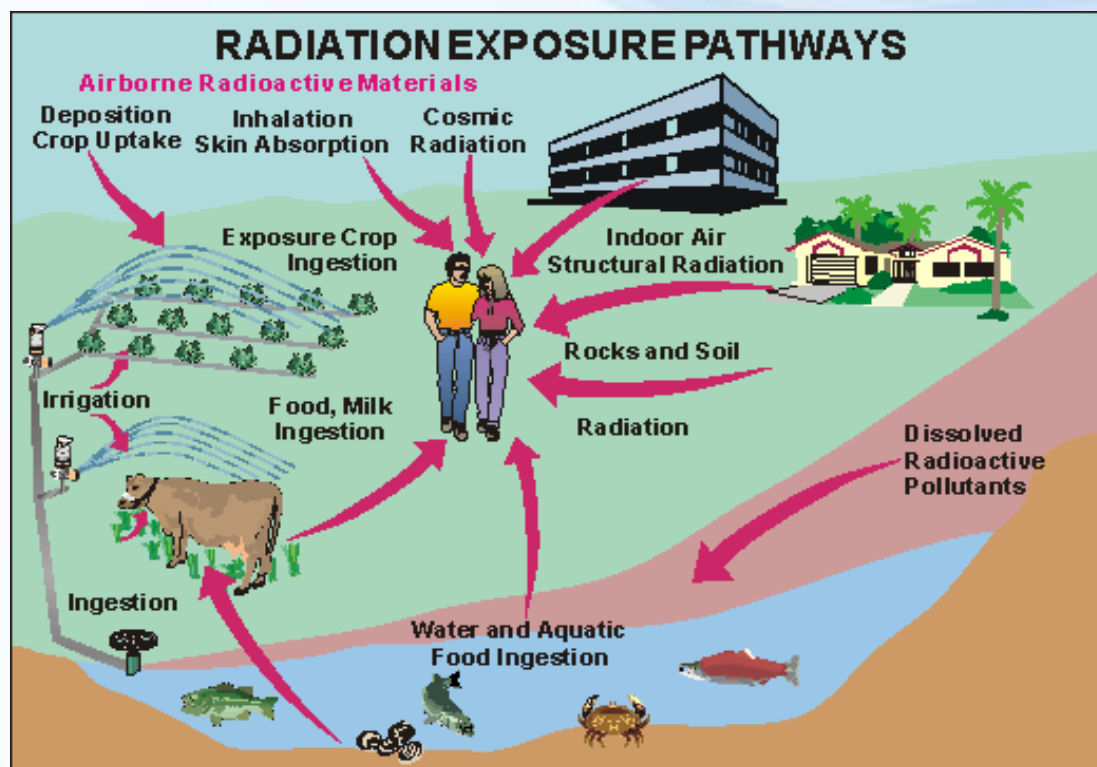
**A** – využívaná plocha, **t** - doba využ. krajiny, **α** – počet rostl. druhů

- volba ref. lokality však problematická

# IX. Ionizační záření (*RAD* – radioactivity)

- dva typy emisních toků - **uvolňování radioakt. látek do ŽP** či **přímá expozice záření** např. ze staveb. materiálů
- ionizační záření poškozuje živé bytosti, materiály a sur. zdr.

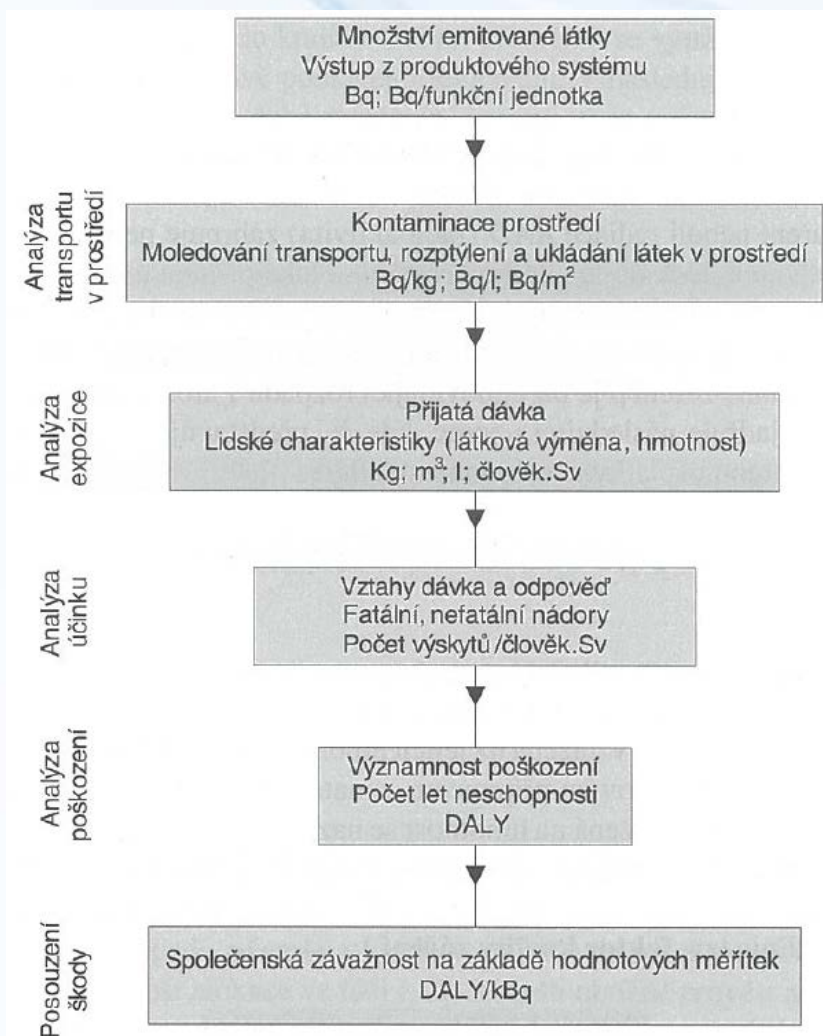
| Typ záření            | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | n  | X |
|-----------------------|----------|---------|----------|----|---|
| Faktor kvality záření | 20       | 1       | 1        | 10 | 1 |



# Míra radiačního působení elementárních toků

- popisována charakterizačním fakt. **DF** (*damage factor*)
- hodnoty DF jsou určeny pro dopady zář. na člověka

## Schéma: Princip určení charakterizačního faktoru radiace



# Charakterizace dopadů elem. toků

- popisována charakterizačním fakt. **DF** (*damage factor*)
- hodnoty DF jsou určeny pro dopady zář. na člověka

## charakterizace radiačního záření

$$V_{rad} = \sum_{ecom} \sum_i DF_{ecom,i} * a_{ecom,i} \quad [\text{DALY nebo rok/kBq}]$$

$DF_{ecom,i}$  – radiační potenciál látky  $i$  při emisi do složky ŽP

$a_{ecom,i}$  – radiační aktivita látky  $i$  při emisi do složky ŽP

| Látka  | $DF_{vzduch}$<br>r.kBq <sup>-1</sup> | $DF_{povrchová\ voda}$<br>r.kBq <sup>-1</sup> | $DF_{mořská\ voda}$<br>r.kBq <sup>-1</sup> |
|--------|--------------------------------------|---|--|
| C-14   | 2,1E-07                              | -   | 1,2E-09                                    |
| Cs-134 | 1,2E-08                              | 1,4E-07                                       | 7,9E-08                                    |
| Cs-137 | 1,3E-08                              | 1,7E-07                                       | 7,9E-08                                    |
| Co-58  | 4,3E-10                              | 4,1E-11                                       | -  |
| Co-60  | 1,6E-08                              | 4,4E-08                                       | 3,9E-10                                    |
| Ra-226 | 9,1E-10                              | 1,3E-10                                       | -  |
| Rn-222 | 2,4E-11                              | -   | -  |
| Th-230 | 4,5E-08                              | -   | -  |
| U-238  | 8,2E-09                              | 2,3E-09                                       | 2,3E-11                                    |